372
فبراير
2010



عالم المعرفة

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

لماذا العلم؟

تأليف: جيمس تريفيل

ترجمة: شوقي جلال

عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت
صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923-1990

372

لماذا العلم؟

تأليف: جيمس تريفيل
ترجمة: شوقي جلال



فبراير 2010

عالم المعرفة

سلسلة شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د. ك
للمؤسسات	25 د. ك

دول الخليج

للأفراد	17 د. ك
للمؤسسات	30 د. ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 28613 - الصفاة
الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: 22431704 (965)
فاكس: 22431229 (965)
www.kuwaitculture.org.kw

ISBN 978 - 99906 - 0 - 301 - 9

رقم الإيداع (2010/019)



العنوان الأصلي للكتاب

Why Science?

by

James Trefil

Teachers College Press
& NSTA Press 2008.

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

صفر 1431 هـ - فبراير 2010

المحتوى

مقدمة المترجم

غربة العلم والمستقبل في حياتنا

«... ثقافة الموقف تخوض غمار لجج نهر الحياة الصاخب الدافق. تتجدد وتتغير، وتبني وتتحدى وتستجيب، تأسيسا على الفهم والوعي والعقل الحر الناقد الفعال، إنها إبداع الحياة وصناعة التاريخ»

المترجم

لأي هدف نَجِدُّ في حياتنا؟ هل نتحلى بجرأة العودة بفكر منهجي عملي إلى الذات والمراجعة النقدية للدور والفعل والفكر - إن وُجدت - في التاريخ وفي الواقع الحالي استشرافا لمستقبل ما؟ ما المؤشرات في حياتنا ذات الصدقية التي تؤكد، أو تشير من بعيد، إلى أننا نستوعب روح العصر، وهو العلم، وأننا على الطريق نحو مستقبل مرسوم بإرادتنا؟ ما الفكر وما الفعل الاجتماعيان اللذان يكفلان لنا المنافسة والتحدي في الماراثون الحضاري، خصوصا بعد أن تكثف الزمان والمكان عالميا بحكم ثورة الاتصالات، وأصبح العالم كله يسابق ويصارع بروح العلم والتكنولوجيا والعقل العلمي في ساحة محدودة ومكشوفة توصف بالقرية، بعد

أن كانت - حتى بضعة عقود - عالما فسيحا غير متناهي الأبعاد، يضم شعوبا لا يعرف بعضها عن بعض كثيرا أو قليلا.

إنني، عند النظر إلى المجتمعات، أمايز بين حالين: الوجود والبقاء... الوجود مشروع إرادي قائم على الفكر والفعل الاجتماعيين معا، تأسيسا على أعلى مستوى لإنجازات حضارة العصر. والبقاء هو حياة الاطراد العشوائي... اطراد عاطل من فعل الإبداع والتجديد... امتداد متجانس في المكان بغير زمان، حيث لا تغيير.

ولهذا قلت فيما سبق (*)، المجتمعات، أو لنقل الثقافات الاجتماعية، صنفان، والتصنيف ليس قدرا أبديا، وإنما السيادة والغلبة لهذا أو ذاك رهن شروط وجودية للنهوض أو الانحسار. أقول صنفان هما: ثقافة الوضع، وثقافة الموقف. ثقافة الوضع قانعة بحالها، راضية برصيدها التاريخي الموروث... والمعرفة عندها، أو قل العلم الأسمى، لا يتجاوز حدود تأمل هذا الرصيد وأقوال الأولين، والأمل عود على بدء... ومن ثم عزوف عن الإبداع والتجديد... والزمان امتداد متجانس، فارغ من الأحداث، إلا الحدث الأول والأهم فهو بداية التاريخ وغايته.

وثقافة الموقف إرادة واختيار، والإرادة فعل، والاختيار وعي عقلاني وعزم على التغيير والتجديد، وفهم لمجريات الأحداث والظواهر، وتراكم متجدد متطور لرصيد المعلومات والمعارف، ومن ثم تطور وارتقاء مطرد للهوية الثقافية التي هي عين الفعل الاجتماعي النشط في الزمان، وليس السكون والبحث عن هوية مجهولة في غيابات التاريخ.

ثقافة الوضع تقف على قارعة طريق الحياة، تتأملها تجليات لإرادة من خارجها، وثقافة الموقف تخوض غمار لجج نهر الحياة الصاخب الدافق، تتجدد وتتغير، وتبني وتتحدى وتستجيب، تأسيسا على الفهم والوعي والعقل الحر الناقد الفعّال، إنها إبداع الحياة وصناعة التاريخ.

والآن، وقد أصبح العلم والتكنولوجيا - بعد أن بلغا مرحليا ذروة تاريخية فاصلة - أداة صناعة الوجود وبناء المستقبل، وموضوع الصراع والمنافسة والتعاون في آن بين شعوب العالم: وأصبحا كذلك محور المراجعة الذاتية

(*) شوقي جلال، الترجمة في العالم العربي: الواقع والتحدي - ط2، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة، 2004.

لمن شـــاء الحفاظ على موضع الصدارة أو اكتساب القدرة على اللحاق في الماراثون الحضاري، وتأسـيس حياة إنســانية كريمة للشعوب تمثل دعامة ومضمون الانتماء... ومن هنا آثرنا تقديم هذا الكتاب لنرى أنفســنا بعقل نقدي في مرآة الآخر.

* * *

ولكــن لماذا العلم؟ لمــاذا الفهم المعرفي العلمي؟ ولمــاذا الإنجاز البحثي العلمي ضرورة حياة؟ ولماذا الثقافة العلمية كثقافة عامة؟ لماذا محو الأمية العلميــة؟ وهذا هو ما نراه الســؤال الأكثر إلحاحــا ودلالة في مجتمعات عجزت عن أن تمحو بالكامل الأمية الأبجدية لشعوبها، فضلا عن ضرورة محو الأمية العلمية والأمية الحاسوبية أو الرقمية.

ليس العلم مجرد اكتســاب معلومات علمية أو حيازة ذهنية لمعلومات وحيــازة مادية لتكنولوجيا، ولكن العلم الــذي يمثل الآن روح العصر، هو منهج في فهم ودراســة الواقع اعتمــادا على العقل الناقد بهدف التدخل التجريبــي للتغييــر. والعلم هنا أبنيــة معرفية نســقية... العلم ظاهرة اجتماعية ثقافية، وذلك باعتباره نســقا معرفيا متحدا مع بنية وأنشطة المجتمــع. إنه ليــس معارف متفرقة، بــل منهج موظف فــي خدمة بنية المجتمع يعمل على تماســكها واطراد تقدمها، ومواجهة تحدياتها ورســم معالم مســتقبلها. ولهذا هو مؤسســة اجتماعية وعنصــر حضاري، أي ركيزة البناء الحضاري.

وروح العصــر هي المعرفة العلمية النســقية التي هــي نمط خاص من علاقــة الوجود الإنســاني بالطبيعــة وبالنفس وبالمجتمــع... علاقة النظر والنظرية... صياغة قوانين وقواعد تكشــف عن اطراد الظاهرة وتحولاتها، والإجابة عن الســبب والكيف والقدرة على التنبؤ والإفادة العلمية بذلك في الحيــاة الاجتماعيــة. والتفكير العلمي المنهجي، أو ثقافــة العلم، هي ثقافة نهمــة إلى المعرفة أو مغامرة المعرفة: التفكيــر العلمي مدفوع بقوته الذاتية وبإنجازاتــه إلى المزيد. إنه نقيض ثقافــة الاكتفاء الذاتي أو ثقافة الحقيقة المطلقــة التي تقتل الفضول المعرفي وتعتمد التفكير الاختزالي برد الظواهر إلى علل خارجها، ومن ثم يســتحيل على المرء والمجتمع التحكم في شــؤون

حياته. وثقافة العلم هي ثقافة التغيير، تغيير العالم عن وعي وإرادة، وليس مجرد فهمه أو تأمله أو فك طلاسمه أو النظر إلى الظواهر باعتبارها إعجازا. لذلك هي ثقافة قوة الإنسان وتمكينه والثقة بالنفس، والقدرة على البحث والابتكار والتحدي والتغيير ورسم المستقبل. وثقافة العلم هي ثقافة الإيمان بقيمة الإنسانية، وبناء الإنسان، لذا هي ثقافة الديموقراطية.

والعلم أداة تحقيق الذات عن وعي ثقافيا واقتصاديا وسياسيا، وأداة الدفاع عن النفس وكفالة الأمن والانتصار في صراع الوجود... هو أداتنا للتعبير عن الهوية وتأكيد أصالتها بعيدا عن تهويمات أيديولوجية، لأن الهوية في جوهرها فعل الذات الواعية... فعل إنجاز «النحن» المجتمعية في الاستجابة للتحديات بلغة وقدرات حضارة العصر، وبذا تدعم الانتماء وترسخ عوامل تلاحم بنية المجتمع.

السؤال الأبدي الذي نكرره، أجيالا وراء أجيال: لماذا تخلفنا وتقدم غيرنا؟ والإجابة يسيرة... السبب غربة العلم في حياتنا وغربة المستقبل أو غيابه عن إرادتنا.

نعاني أعراضا مزمنة هي بيت الداء حضاريا... نجملها فيما يلي:

- غياب قيمة مغامرة المعرفة واكتشاف المجهول وحرية السؤال والبحث وحق الاختلاف، وأن التنوع إثراء للفكر وازدهار حضاري... وهي قيمة يجري غرسها من خلال التنشئة الاجتماعية والتنشئة التعليمية في المدرسة لتصنع مناخا عاما.
- غياب سياسة علم وتعليم تحقق للمجتمع، بفضل ومن خلال مواطنيه، أهلية الاندماج والتكامل مع الشبكة العالمية للإنجاز العلمي والتكنولوجي وامتلاك قدرة تحقيق المصير والأمن القومي وإرادة الفعل.
- هجرة الباحثين العلميين إلى الخارج، حيث يجدون ذواتهم في الفرص المتاحة للتعبير عن قدراتهم واستثمارها بدلا من حياة الغربة في الوطن.
- غياب الحداثة كرؤية وهدف مرسوم، ومن ثم غياب آليات التحديث في كل أنشطة المجتمع، وغياب الإيمان بأن التحديث في صورته المتكاملة، أعني حضارة الصناعة ومجتمع المعرفة، هما

السبيل لعلاج أمراضنا. ولكن تعيش المجتمعات العربية مسيرة اقتصاد الريع، وهو نقيض حضارة الصناعة ومجتمع المعرفة. إذ غير خافية طبيعة الرابطة العضوية المكثفة بين الإنتاج الصناعي والبحث العلمي، وإنتاج المعرفة ومقتضيات ذلك سياسيا واجتماعيا وتعليميا... إلخ.

● تعاني المجتمعات العربية من غياب التمويل اللازم للبحث العلمي والتطوير، وتكفي الإشارة إلى أن ما تخصصه في هذا المجال لا يزيد على ٠,٥ في المائة من إجمالي الناتج القومي، بينما هو في البلدان الناهضة والمتقدمة يتراوح بين ٢,٥ في المائة و٣ في المائة. وغير خاف أن طبيعة البحث العلمي الآن شديدة التعقد فضلا عن أنه يمثل شراكة كوكبية تعبر عنه علاقات عضوية بين الأكاديميات والجامعات وبين العلماء كأفراد أو المؤتمرات أو النشرات العلمية.

● غياب علاقات التفاعل مع العالم الخارجي المتقدم، وهي آلية الاطلاع على الجديد والمساهمة في الإنجاز والمشاركة العضوية والتطوير لنوعية المنتج وتطوير الفكر.

● غياب التعاون العلمي بين البلدان العربية على الرغم من إدراك المسؤولين لأهمية هذا التعاون. وسبق انعقاد مؤتمر في الرباط العام ١٩٧٦ برعاية ألكسو، وقرر المسؤولون اعتماد ٥٠٠ مليون دولار لأغراض البحث والتعاون ولكن لم يتحقق شيء.

● غياب الإحصائيات الموثقة عما يمكن أن نسميه النشاط العلمي العربي... بل وغياب الإحصائيات الموثقة عن الأنشطة الاجتماعية، وغياب حق الحصول على المعلومات إن وجدت، بينما هي قاعدة البحث العلمي الجاد وأساس لتحديد صورة الواقع ورسم صورة المستقبل.

● ارتفاع نسبة الأمية الأبجدية في عديد من المجتمعات العربية وشيوع الأمية الثقافية العلمية والأمية الحاسوبية، وهو ما يعني غياب المواطن، القيمة والدور والفعل، وغياب الثقافة التي تؤهله ليكون فاعلا ومشاركا إيجابيا بفضل الثقافة العلمية، أي بفضل

الفهم العلمي لقضايا الإنسان، المجتمع، الطبيعة والكون من حولنا، وكما يقول المؤلف: «تعليم العلم يهدف إلى تحسين الرصيد القومي من المواطنين ذوي الكفاءة والأهلية لممارسة الديموقراطية، ومناقشة القضايا القومية، تأسيسا على فهم علمي للقضايا والعالم من حولنا. الديموقراطية لا تستقيم في مجتمع تسوده أمية علمية، بينما نواجه قضايا قومية وعالمية تكتسب، أكثر فأكثر، أبعادا علمية وتقنية... والسؤال: كيف نخلق مواطنين قادرين على ممارسة حقهم الديموقراطي بكفاءة، والمشاركة الإيجابية الواعية بفضل الثقافة العلمية؟

وحري بنا أن ندرك أن ثقافة العلم لا تنشأ ولا تسود لتمثل مناخا عاما إلا في مجتمع منتج للعلم، هو وطن للعلم، ومن ثم تكون ثقافة العلم عامل دعم وحفز نحو المزيد... المزيد من الإنجاز، والمزيد من الاستمتاع بالحياة، من حيث الفهم لظواهر الحياة، والفهم لقواعد إدارة الحياة.

شوقي جلال

القاهرة - 2009



تصدير الثقافة العلمية

«إنني أعرّف الثقافة العلمية أو «محو الأمية الثقافية العلمية»، بأنها مجال المعارف اللازمة لكي نفهم على نحو جيد وكاف ما يتعلق بالكون الطبيعي بحيث يتسنى لنا التعامل مع قضايا تعترض أفق المواطن العادي...»
المؤلف

هذا كتاب عن تعليم العلم، وأيضا، وبصراحة أكبر، عن الجانب الخاص بتعليم العلم، ويُعنى بمن لم يكن هدفهم مستقبلا الاشتغال بالعلم. ونعرف أن الأغلبية العظمى من المعلمين ركزوا انتباههم تاريخيا على اكتشاف سبل تحسين الرصيد القومي من ذوي الكفاءة والأهلية التقنية من الرجال والنساء على السواء. وإنه لهدف قيم ومهم. بيد أننا اليوم نواجه قضايا قومية تكتسب، أكثر فأكثر باطراد، أبعادا علمية وتقنية. لهذا سوف نسرع في توجيه اهتمامنا إلى قضية تدور حول الكيفية التي نمضي بها لكي نخلق مواطنين يتحلون، في المتوسط العام، بمعارف علمية كافية تمكنهم من المشاركة في الحوارات العامة بطريقة فاعلة ومفيدة. معنى هذا، بلغة هذا الكتاب، أننا سنحاول إنتاج مواطنين لهم ثقافة علمية.

وهذا موضوع مركب. سـوف أبدأ في الفصل الأول بمناقشة أساسية لطبيعـة العلم. ما هي؟ ولعل الأهم أيضا: ما طبيعة الثقافة التي ليسـت علمـا؟ وحين يتوافـر للقارئ فهم للطريقـة المثمرة التـي يحقق بها هذا الجهد الفكـري الهدف المقصود نتحول إلى المهمـة الأولى، وهي: تعريف الثقافـة العلمية، أو لنقـل محو الأمية العلمية. وأتناول هذه المسـألة في الفصل الثاني في سـياق أعم وأوسع يتمثل فيما يسمى سياق «محو الأمية الثقافيـة»: مجموع المعارف التي يفترض المتعلمـون في وقت بعينه وزمان بعينه أن غيرهم على علم بها. وسـوف نـرى في هذا المخطط أن الثقافة العلميـة أو محو الأمية الثقافية العلمية هـي تحصيل المعارف الأولية عن العلـم والتي يحتاج إليها المواطن العادي لكي يسـهم بـدور في الحوارات العامـة التي أضحت ضرورية جدا في المجتمع الديموقراطي. وإذا شـئنا مثالا معياريا على هذا نقول إن شـخصا ما يرغب في المشاركة في الجدل الراهن بشأن استخدام الخلايا الجذعية الجنينية يكون بحاجة إلى معرفة كثيـر عن البيولوجيا لكي يفهم ما الخليـة الجذعية، وما معنى جنين، وما إيجابيات وسـلبيات اسـتخدام الخلايا الجذعية الجنينية. ويمكن تقديم عديد من المعارف الأساسـية المماثلة الخاصـة بأي حوار عام يتناول أحد المكونـات العلمية والتكنولوجية. ومن ثـم فإنني، توخيا للوفاء بالهدف من هذا الكتاب، أعرّف الثقافـة العلمية أو محو الأمية الثقافية العلمية بأنها مجـال المعـارف اللازمة لكي نفهم على نحو جيـد وكافٍ ما يتعلق بالكون الطبيعي بحيث يتسـنى لنا التعامل مع قضايا تعترض أفق المواطن العادي سواء في مجال الأنباء أو أي مجال آخر.

بعد أن أفرغ من تعريف محو الأمية الثقافية العلمية سـأبدأ في تناول الفصول الثلاثة الأخرى لعرض حجج للإبانة عن أسـباب أهميتها. وأعمد في الفصل الثالث إلى التوسـع في الدراسـة المعروضة آنفا، والتي توضح أن المواطنين يلزمهم عمليا هذا النوع من المعارف للمشـاركة الإيجابية في مجتمـع ديموقراطي. وأضع عنوانا منطوقـه «برهان من حياة المواطنين». وأوضـح في الفصل الرابع أن العلم أحد المكونـات المهمة للثقافة، ويتعين أن يلم به المواطن العادي للسـبب نفسه الذي يوجب عليه الإلمام بشيء عن التاريخ أو الأدب. واتخذت لهذا الفصل العنوان التالي «برهان من الثقافة». ويقودنا هذا الموضوع إلى الحوار المعياري الدائر بشأن «ثقافتين». وأتحدث

هنا عن معلومات جديدة تضمنها هذا الحوار مستمدة من فلسفة ما بعد الحداثة. وأخيرا، أتبنى في الفصل الخامس الرأي القائل إن فهم الطبيعة يمثل إضافة لاستمتاعنا بالعالم الذي نعيش فيه. وعنونت هذا الفصل بعبارة «برهان من علم الجمال». وأتناول هنا، من بين أمور أخرى، المسائل التي «نتعمد معها ارتكاب جريمة الفصل» بين الثقافتين، والتي تتعلق بالزعم القائل «العلم والفن لا يجتمعان معا»، أو، إن شئت الدقة، القول بالتنافر بين العلم والفن.

وبعد أن أكدنا الرغبة في إنتاج مواطنين لديهم ثقافة علمية، أتحول الآن إلى مسألة الثقافة العلمية في أمريكا وبقية العالم. وأعرض في الفصل السادس تاريخ جمع البيانات عن هذه القضية، وأناقش المسألة الصعبة، وهي كيف يمكن للمرء قياس كم المعلومات، مثل قياس كم الثقافة العلمية. وجوهر الأمر أن علماء الدراسات الاجتماعية ينظرون هنا إلى أمرين: عما إذا كان الناس يفهمون الفروض الذهنية عن العلم (ما الفارق بين الذرة والجزيء مثلا؟) وكذا إلى مناهج العلم (ماذا نعني بعبارة المجموعة الضابطة؟).

وجدير بالذكر أن إحدى المشكلات التي يواجهها المرء دائما هي أن العلماء حين يتحدثون عن الثقافة العلمية يسود ميل إلى طمس الفارق بين العلم والتكنولوجيا. لذلك عمدت في الفصل السابع إلى فحص هذه العلاقة بقدر من التفصيل عارضا وجهة نظر العلماء المشتغلين بالبحوث التطبيقية وبالتطوير.

وخصصت الفصلين التاليين لدراسة تاريخ تعليم العلم مع تحليل وضعنا الآن في الولايات المتحدة الأمريكية. أين نحن وكيف وصلت بنا الحال إلى ما نحن عليه. ويمثل خط الأساس في أننا منذ عهد قريب جدا بدأنا نعنى بحالة المعرفة العلمية بين أوساط الناس بعامة. وتناولت في الفصل الثامن، على نحو تتبعي، نتائج صدور تقرير «أمة في خطر»، وصعود علم الفيزياء ليكون موضوعا للدراسة في قاعات الدرس في الجامعات، وكذا الحركة الحالية للدفاع عن الثقافة العلمية. وأدرس في الفصل الثامن الحواجز المؤسسية الحالية التي تحول دون تطوير وتحسن الثقافة العلمية في نظامنا التعليمي ابتداء من المدرسة المتوسطة وحتى الجامعات.

وبعد أن فرغت من مناقشة وضعنا الحالي وأين نحن الآن، تحولت إلى السؤال: إلى أين ينبغي أن نسير؟ وأعرض في الفصل العاشر للسؤال عن ماهية أهداف تعليم العلم لغير المتخصصين وما ينبغي أن يتعلموه. وهذا موضوع

يختلف بشــأنه كثيرون. لذلك عمدت إلى إبراز وجهات النظر المتباينة أول الأمــر ثم دفعت بأن الثقافة العلمية تمثل الحد الأدنى من الأهداف في أي مخطط تعليمي. ودافعت عن هذه الحجة في الفصل الحادي عشــر، وذلك بالحديث عن طريقة تغير العلم بعد أن أصبح الحاسوب متاحا للجميع. إن العلم في الغد (بل وبعض البحوث العلمية الآن، ولهذا السبب) لن يماثل نوع المباحث العلمية التقليدية التي شكلت الأساس لنظامنا التعليمي التقليدي. وهذه حجة أخرى عن ضرورة تغيير هذا النظام.

أخيرا أعرض في الفصل الثاني عشــر مخططــا عاما لتنظيم تعليم الثقافــة العلمية. وينبني هذا المخطط حــول الهيكل الباطني للعلم ذاته. ويمكن نظريا تصور العلم كنوع من التراتبية الهرمية قرين نتائج ومفاهيم مهمة تتدفق طبيعيا من عدد بســيط نسبيا مما أحب أن أسميها الأفكار الكبرى. وتشــكل هذه المبادئ الكبرى والشــاملة نوعا مــن الهيكل العام الذي تبنى عليه النظرة العلمية إلى العالم. ذلك لأنها توحد الطبيعة معا وتربطها بعضها ببعض في وحدة متكاملة. وتشــكل أيضا، نتيجة لذلك، أساسا فكريا للتعليم العام في مجال العلم.

وأؤكد هنا أن الطلاب الذين درسوا واستوعبوا قدرا كافيا وفاعلا من المعرفــة عن هذه الأفكار الكبرى يصبحــون مهيئين للتعامل مع الجوانب العلمية للقضايا العامة. إنهم بإيجاز يكونون مثقفين علميا.

لمن هذا الكتاب؟

الإجابــة الموجزة عن هذا الســؤال إجابة بســيطة: يســتهدف هذا الكتــاب كل امرئ معني بتعلم العلم. ونقول بشــكل خاص وأكثر تحديدا إنه يســتهدف المشــتغلين بتخطيط تجربة تعلم العلــم للأغلبية العظمى (المهملة في الغالب) من الطلاب الذين لا يعتزمون مواصلة دراســة العلم والتكنولوجيا لمستقبلهم العلمي. وطبيعي أن هؤلاء الطلاب ليسوا بحاجة إلى أن يتحولوا إلى نســخ مصغرة من العلماء بل هم بحاجة إلى اكتساب القدر الكافي من العلم الذي يؤهلهم لأداء دورهم كمواطنين في مستقبل حياتهــم. ولهذا أدعو المعلمين على جميع المســتويات، ابتداء من مدارس الحضانــة وحتــى الجامعة - المعلمــين والإداريين ومصممــي المقررات الدراسية - إلى المشاركة معي في مناقشة هذا الموضوع الحاسم.

* * *

1

العلم: عالم مفهوم

لماذا العلم؟

ولماذا نعكف عليه؟ ولماذا يشغل فكرنا؟ ولماذا نعلِّمه أو ندرسه؟ ولماذا نؤلف كتابا عنه؟

يمكن القول، بمعنى من المعاني، إن بقية هذا الكتاب هي إجابة مفصلة عن هذه الأسئلة. بيد أنني أبدأ بتذكير القارئ أن البشرية دخلت منذ عهد قريب جدا عالما يهيمن عليه العلم. إن النوع البشري على مدى جل الزمان الذي عاشه على ظهر هذا الكوكب إنما كان يعيش في العالم الذي سماه كارل ساغان «عالم يسكنه الشيطان»، بمعنى عالم تهيمن فيه على الفهم البشري قوى غامضة لا سبيل إلى التنبؤ بها، وغالبا ما كانت شريرة. وعلى الرغم من أن هذا

«يتضمن العلم إجابات صحيحة. ونحن نعرف كيف نهتدي إليها».

المؤلف

العالــم لم يتوار عــن الأبصار تماما (ويكفي أن نتأمــل كيف ينظر الأغلبية من الناس إلى مرض السرطان)، فإن العالم الطبيعي يبدو اليوم عالما يمكن التنبــؤ بأحداثه ويمكن التحكم فيه أكثر مما كان في الماضي، ومن ثم أصبح أكثر أمانا لنا مما كان لأسلافنا. ونحن إذا فهمنا اليوم أن البرق نتيجة حركة جسيمات دقيقة محملة بشــحنات كهربية وليس نتيجة غضب الأرباب فإن هذا الفهم من شأنه أن يغيِّر سبل تفكيرنا. إن عالما مفهوما لنا هو عالم أقل خطرا علينا، لذا فإن فهم العالم هو في النهاية هدف العلم.

لكنك لســت فــي حاجة إلى أن تكون فيلســوفا لكي تتبــين آثار العلم والتكنولوجيــا فــي حياتك. تأمل حياتك في يومك العادي. هل تســتيقظ على تنبيه ســاعة راديو لاســلكية؟ نعرف أن الموجات اللاسلكية بدأ التنبؤ بها في العام 1861 واكتُشــفت العام 1888، واستُخدمت لإرسال إشارات لاسلكية في العام 1894، وهل تسوق سيارتك لتذهب إلى العمل؟ إذن أنت تبدأ في تشغيل سيارتك عن طريق بطارية. ونعرف أن أول بطارية صنعت في العام 1800، كذلك فإن قوانين الديناميكا الحرارية الحاكمة لتشــغيل محرك سيارتك تأسست في العام 1842، كما تم تشغيل أول محرك يعمل بالاحتراق الداخلي في العام 1876، وهل أعدت تشغيل حاسوبك الموضوع علــى مكتبك حال وصولك إلــى عملك؟ إن القوانين الأساســية الحاكمة لأجزاء الحاســوب اكتشــفت في ثلاثينيات القرن العشرين، وأول حاسوب بدائي صُنع في الأربعينيات من القرن العشرين.

يمكن أن أستطرد، لكني أحســب أن الفكرة واضحة. إن الماديات التي تحدد حياتنا، وكذا نظرتنا التكنولوجية العقلانية إلى العالم، جميعها نتائج حديثــة العهد للمشــروع العلمي. ونظرا إلى أننا نعيــش في رحاب العالم العلمي فإن من اليســير علينا إغفال الحجم الحقيقي لإنجازات العلم على مدى الفترة الزمنية القصيرة التي مضت منذ نشأته.

لننظــر إلى الأمر مــن زاوية أخرى. لنفترض أنــك كائن فضائي وافد إلى الأرض لأول مرة. ســوف تلحظ على الفور شــيئا واحدا. إنه من بين ملايــين الأنواع من الكائنات الحية يوجد نوع واحــد ووحيد وهو الهومو ســابينس Homo sapiens طوَّر قدراتــه لتغيير البيئة على النحو الذي

يتـــلاءم مع احتياجاته. وأن ثمة نوعا واحــدا هو الذي عرف ما يكفي عن القوانـــين التي تحكم الكون للتأثير فـــي الأداء الوظيفي لكوكب كامل. وها أنت ترى أن المشـــاهد الطبيعية تغيَّرت في كل مكان لاســـتنبات محاصيل تفيد البشـــر بينما ظهرت مدن ضخمة للســـكنى. ولن تجـد أي نوع آخر اقترب من مســـتوى التأثير الذي للبشر. وســـواء أرأيت في هذا، كما يرى كثيرون، ســـببا للقلـــق، أم كما أرى أنا حدثا صالحا جيدا، ســـتظل هناك حقيقة هي أن ثمة شـــيئا ما يجعل الحضارة البشرية الحديثة مختلفة عن أي شيء آخر سابق عليها.

وهكذا يبدو واضحا أن شيئا ما حدث منذ بضع مئات من السنين التي مضت وغير إلى الأبد طريقة تنظيم حياة البشـــر. وأود هنا أن أشـــير إلى أن ما حدث هو اكتشـــاف طريقة جديدة ومتميزة وفعالة لاكتشاف طبيعة العالم المادي (الفيزيقي): أعني بها النشـــاط الذي نسميه «العلم». وسوف أدفع أن هذا التغير الذي بلغ المســـتوى الذي تحقـــق في أوروبا في القرن السابع عشـــر هو الحدث الفريد والأهم في تاريخ البشرية، خصوصا إذا كان تقديرنا مبنيا على أساس تأثيره في حياة الأفراد.

لماذا ندرس العلم؟ أي شـــيء آخر يمكن للمرء أن يدرسه إذا ما أراد أن يفهم العالم الحديث؟

اعتـــدت حين أعتزم توضيح هذه النقطة لطلابي أن أســـألهم عن أداء تمرين ذهني بســـيط. أطلب منهم العودة بالذاكـــرة إلى بريطانيا في العام 1775، وأن يبحثوا عن الشـــيء الذي كان له أضخم الأثر في حياة البشـــر علـــى مدى القرنين التاليـــين. كانت إنجلترا في القرن الثامن عشـــر بلدا أنهكته النزاعات الاجتماعية، ويعاني مشـــكلات طبقية ومشـــكلات الفقر بحيث يبدو للمرء أن أي مدينـــة أمريكية حديثة، وبالمقارنة مع واقعه، هي المدينـــة الفاضلة. كانت إنجلترا آنذاك بلدا منهمكا في عمليات بناء أعظم إمبراطورية شهدها العالم، وكانت كذلك بلدا توشك أهم مستعمراتها على الثورة ضدها. ومع هذا لو أنك أردت أن تستشـــرف المستقبل فستجد أنه ليس عليك التوجه إلى البرلمان أو إلى قصر باكنغهام، بل وليس عليك حتى أن تذهب إلـــى الجامعات ومراكز الفكر مثل أكســـفورد أو كمبريدج. لكن

على العكس، ستجد لزاما أن تتجه إلى حيث يوجد المصنع المتوسط قرب المدينة الصناعية برمنغهام، وإلى مؤسسة بولتون Boulton ووات Watt. سوف نجد هناك صانعا للأدوات من أسكتلندا يحمل اسم جيمس وات عاكفا على إدخال تحسينات شاملة على القاطرة البخارية التي يمكنها أن تستمد الحرارة المتولدة من احتراق الفحم وتحولها إلى قوة محركة بالغة التأثير والفاعلية.

وبعد أن أكمل وات مهمته أصبحت بين يديه ماكينة في إمكانها عمليا استخدام الطاقة التي سقطت على سطح الأرض على مدى ملايين السنين الماضية في صورة أشعة الشمس واحتفظت بها الأرض في باطنها على هيئة فحم. وبدأت غلايات وات في تحرير وإطلاق هذه الطاقة لتوليد البخار الذي زود بالقوة المحركة ما نسميه الآن بالثورة الصناعية. وامتلكنا لأول مرة في التاريخ مصدرا للطاقة لا يعتمد على عضلات الإنسان أو الحيوان، وغير مرتبط بمكان بعينه مثل مساقط شلالات المياه. وأدارت القوى المحركة البخارية المصانع التي أدت إلى نمو المدن، وأدارت حركة القطارات والسفن التي تزود تلك المصانع بالمواد الخام ثم توزع منتجاتها في كل أنحاء العالم. وغيَّرت إلى الأبد العلاقة بين البشر والعالم الطبيعي.

وهكذا كان مستقبل إنجلترا التي أنجبت جيمس وات كامنا في تكنولوجيا غامضة، تكنولوجيا ربما كانت خافية على معاصري وات أنفسهم. وأحسب أن أستاذا جامعيا ما بعد مائتي عام من الآن ربما يتخذ قرارات مماثلة عن إنجازات الهندسة الوراثية في زماننا، نظرا إلى أنها تبدو إنجازا ثوريا على قدم المساواة. ومثلما أن جيل الستينيات من القرن العشرين سوف يذكرهم التاريخ إلى الأبد بأنهم أول البشر الذين وطئوا بأقدامهم أرض القمر، كذلك سوف يذكرنا التاريخ بأننا أول من اكتشف تسلسل مكونات الجينوم البشري. وغني عن البيان أن هذا الحدث أطلق سلسلة من الأحداث لا نعرف كنهها ومداها الآن. ولا غرابة في ذلك إذ أشك فيما إذا كان وات لديه صورة واضحة عن خطوط السكك الحديد التي تخترق أنحاء القارات أو عن المدن الصناعية التي تعج بسكانها مثل مانشستر أو بطرسبرغ وقتما كان يحاول جاهدا تطوير ماكينته.

ما العلم، المنهج العلمي؟

إذا كان للعلم مثل هذا التأثير الهائل في تاريخ البشر فإن من الطبيعي أن نسأل: ما العلم على وجه الدقة والتحديد، وفيم يختلف عن غيره من أوجه النشاط البشري؟ درس كتاب عديدون (وأنا منهم) شيئا اسمه «المنهج العلمي» الذي من المفترض أنه يجيب عن هذا السؤال. وليس عندي أي مشكلة بذاتها مع هذا المنهج شريطة أن يدرك الكُتاب أن العلم، شأنه شأن أي نشاط بشري، لا يمكن دائما تقسيمه وتصنيفه إلى أنماط منظمة مثل تقطيع كعكة. لكن ليسمح لي القارئ، بدلا من أن أذهب هذا المذهب من خلال هذا التدريب كله، بأن أضع على بساط البحث أهم خاصيتين تميزان المنهج العلمي في دراسة الكون، واللتين تفسران معا لماذا العلم مختلف عن أوجه النشاط الأخرى. هاتان الخاصيتان هما الملاحظة والاختبار.

الملاحظة

إذا شئت معرفة شيء عن العالم فإنك تتطلع إليه وتشاهده كيف يعمل.

هذه عبارة شديدة الوضوح لنا جميعا، إذ نعيش ثقافة القرن الحادي والعشرين التكنولوجية العلمانية، بحيث من اليسير أن ننسى أنها وعلى مدى التاريخ البشري كان الجميع يعتبرونها على أقل تقدير عبارة خاطئة بل وربما هرطقة. وجاء على الإنسان حين من الدهر كان فيه الإصرار على هذه القضية والمجاهرة بها يؤدي بصاحبه إلى التهلكة حرقا فوق خازوق. وسادت دائما مناهج مناهضة لاكتشاف الطبيعة الحقيقية للعالم. وأعتقد أنه أخيرا فقط استطاع النجاح الباهر للعلم أن يزيح جانبا هذه المناهج من الإطار الفكري صاحب الصدارة.

ولا أملك غير أن أقدم مثالا لهذا المنهج، حتى إن كان مختلقا (وقد تعلمت منذ زمن بعيد ألا تدع الصدق أو الزيف في ذاته يصدك عن سرد قصة جيدة ونافعة). سمعتها لأول مرة من زميل لي طالب في جامعة أكسفورد، وهو شاب يدرس تاريخ العصر الأوروبي الوسيط. وتتناول القصة أحد عناصر الخطاب الكلاسيكي في العصر الوسيط.

ولعلك سـمعت عن الحوارات السكولاسـتية الكبـرى (*)، وربما جاءت القصة ضمن سياق الجدل بشأن معرفة كم عدد الملائكة الذين يمكنهم الوقـوف معا علـى رأس الدبوس. لا تعجب أو تهـزأ، فهذه فعلا كانت قضية لاهوتية مهمة لأنها تتعلق بالسـؤال عما إذا كانت الملائكة كائنات جسدية أم روحية.

على أي حال، لم يكن الجدل المعني في قصة صديقي بشـأن الملائكة بل بشـأن عدد الأسـنان في فم الحصان. إذ هب دكتور «أ» واقفا مستندا إلى اقتباسـات من أوغسطين وآباء الكنيسة، بينما اعتمد دكتور «ب» على أرسـطو وفلاسفة اليونان. وبينما الجدل على أشده وقف شاب في طرف خلفـي للقاعـة وقال: «يوجد حصان في الخارج. لمـاذا لا نفكر في مجرد النظر إليه؟»، وتمضـي المخطوطة لتقول، كما أكد لي الصديق، «تجمهروا وتكأكأوا عليه جميعا وأوسعوه ضربا على مؤخرته وعلى جانبيه وأخرجوه مطرودا من حظيرة أهل العلم».

وسـواء أكانت القصة صادقة أم لا فإنها تصور لنا أسلوبا للوصول إلى معرفة العالم لا يعتمد المشـاهدة. إذ نلحظ في هذه الحالة أن أهل الذكر مـن العلماء اعتمدوا على الحكمة المنقولـة بالوراثة المتضمنة في نصوص تحظى بالإجلال والتوقير، وربما جادلوا، في جميع الأحوال: ما الذي يمكن للمرء أن يراه في فم الحصان ولم يره أرسطو بالفعل؟

وطبيعـي ألا حاجـة بنـا إلى التوجـه إلى العصور الوسـطى لنصـادف مثل هذا الاتجـاه. إن المعركـة المتصلـة داخـل الولايـات المتحدة بشـأن تعليم نظرية الخلق يمكن النظر إليها من المنظور ذاته. إذ نجـد، من ناحية، علمـاء يعتمدون مشـاهدة سـجلات الحفريات وبراهين الحمض النووي (دنا DNA) لفهم نشـأة الأرض وتحولاتها علـى نحو ما هـي عليه الآن. هـذا بينما نجد آخريـن يؤمنون بأن الحقيقة تكشـفت جلية في متون بعينهـا وعلينـا التسـليم بهـا (مثل سـفر «التكوين» في التوراة).

(*) Schalostic Debates أو الحوارات المدرسـية، والمدرسية Scholasism هي حركة انبثقت من محاولة التوفيق بين الفكر الاغريقي والمسـيحية في العصور الوسـطى. ويعد القديس توما الأكويني من أشهر أنصارها [المحرّرة].

ويمكـــن للقارئ أن يجد اتجاها مماثلا لدى جماعة تروج لفكر غامض يحمل اسم فلسفة العصر الجديد (*). وإذا استمعت إلى حكمتهم المشوشة ومزاعمهـــم عن الترابط في الكون الأكبر وعن التقارب المتناغم وســـريان تدفقات الطاقة أو غير ذلك من أفكار وواجهتها بحجج تعتمد على قوانين الفيزياء، فإنهم غالبا ما ينظرون إليك باســـتعلاء وغطرسة قائلين: «توجد أشـــياء غير معروفـــة للعلم». وهنا وفي مثل هـــذه الحالة يصل الناس إلى الحقيقة عن طريق ما يشـــبه الاستبصار الحدســـي أو الصوفي الغامض، ويرون أن المشاهدة ليس لها دور في هذا المجال.

وأقـــول بوجه عام إنني لا أحب كلمة *ثورة* عند تطبيقها على التطورات الفكرية؛ لأنها تبدو وكأنها توحي بقطيعة بين ما هو تسلسل مرحلي متقدم للأفكار. ولعل الأوفق عندي النظر إلى حدث ما يمكن اعتباره رمزا للتطور بـــدلا من النظر إليه باعتباره معلما علـــى قطيعة وانفصال. وحري بالذكر أننـــي إذ أتطلع إلى مثـــل هذا الحدث الذي يمثل رمـــزا لفكرة التعلم عما يجري في الطبيعة من خلال المشـــاهدة، فإنني أعود إلى ميلانو في القرن الخامس عشر، وهو الوقت الذي تسلح فيه الدوق بمدفع يعتبر آنذاك أهم وأرقى مظاهر تكنولوجيا العتاد العسكري في عصره. استدعى الدوق كبير مهندســـيه المدعو تارتاليا وسأله سؤالا بسيطا من النوع الذي يثير الجنون والغيظ، ويسأله المسؤولون عادة لعلمائهم، وهو: ما الارتفاع الأمثل لماسورة المدفع لكي تصل القذيفة إلى أقصى مدى لها؟

مغزى القصة أن تارتاليا لم يجلس ساكنا متأملا كيف له أن يحل المشكلة على نحو ما أوصى أفلاطون. كذلك لم يشأ أن يستشير متونا لها الإجلال والتقدير على نحو ما قد يفعل الدكتوران «أ» و«ب»، ولكنه على العكس حمل

(*) حركـــة العصر الجديد New Age Movement هي إحـــدى دورات البعث التاريخي لرؤية خيالية عن مسار الفكر والقيم الإنسانية. يزعم أنصارها أن جذورها الفلسفية ممتدة إلى أعماق تراث تاريخي قديم، وتؤمن بوجود قوى خارقة وأفراد من بني البشر لهم سلطان يؤهلهم للتعامل مع الخوارق.

واقترنت نشـــأة الحركة في العصر الحديث بأزمة الإيمان المسيحي في الغرب. نتيجة تناقضات واضحة بين ما نص عليه الكتاب المقدس، وما كشفت عنه البحوث والاكتشافات العلمية وثقافات وأديان شـــعوب الشـــرق الأقصى والأوسط. وما عاينه الشـــباب في رحلاتهم عبر العالم. وبلغت الحركة أوجها في الولايات المتحدة مع الهيبيز في ستينيات القرن العشرين [المترجم].

المدفع إلى ميدان خارج المدينة، وشرع يطلق قذائفه ويلاحظ أبعاد القذائف فـــي أوضاع مختلفة. ربما حدث هذا قبل أن يضع غاليليو أو نيوتن بقرنين من الزمان القوانين الحاكمة لمسار وسرعة القذائف. ولكن تارتاليا اكتشف، عن طريق المحاولة والخطأ والملاحظة، أنك إذا ما صوبت ماســـورة المدفع عند ارتفاع 45 درجة فإنك تحصل على أقصى مدى للقذيفة.

وطبيعي أنـــه منذ ذلك الوقت أصبحت فكـــرة أن المعرفة العلمية تبدأ من الملاحظة حكمة عامة لها الســـيادة. لكن، مع الأسف، اقترن هذا الفهم ببعض المفاهيم الخاطئة التي أرجو أن أوضحها على الرغم من خشيتي من التكرار. إن ســـوء الفهم الأكثر شيوعا هو أن العلماء، إذ يلاحظون العالم، إنما يفعلون ذلك - وفق ما هو مفترض - بعقل مفتوح، وقد تحرروا من كل المفاهيم الســـابقة عما هم بصدد اكتشـــافه. وغالبا ما تتحول هذه الفكرة إلى ما يشـــبه «خيال المآتة»، أي حجة زائفة تتردد على لســـان الفلاســـفة الراغبين في إبراز مفهوم البنية الاجتماعية للعلوم.

حسن، إن كل ما يمكن أن أقوله إنني، على مدى حياتي العلمية التي جاوزت ثلاثـــين عاما في معمعان البحث العلمـــي، التقيت عالما واحدا فقط يعمل بهذه الطريقة. اسمه فيليب جنجريتش، وهو عالم حفريات وباحث جيولوجي ميداني في جامعة ميتشغان. وأذكر أنني حين كنت في المنطقة المعروفة باسم بيغ هورن بيزيـــن، أو حوض القرن الكبير في وايومنغ، وفي صحبة فيليب ســـألته: كيف حددت لنفســـك الموقع الجديد؟ (وكلمة موقع تعنـــي، عند الباحثين الإحاثيين، المـــكان الذي يبحثون فيه عن الحفريات). وأجاب إجابة ذات دلالة كاشـــفة. إذ قال: «أنطلق إلى الميدان وأدع الصخور تتحدث إليَّ». أعرف أن كل العلماء الذين صادفتهم في حياتي ينخرطون في تجربة أو في دراسة ميدانية أو في مشاهدة، ولدى كل منهم فكرة واضحة إلى حد كبير عما يتوقع أن يكتشفه. وهذا هو ما يعنيه الفلاسفة حين يقولون بعبارتهم إن الملاحظة العلمية «محملة بالنظرية». إن ما يجعل العالم عالما جيدا ليس أنه يبدأ عمله وبحثه صفرا من أي توقعات محتملـــة، بل واقع أن النتائج حين لا تتطابق مـــع التوقعات المنتظرة فإن العالم يسلم مقتنعا بما تقوله الطبيعة. ومن ثم فإن العالم بدلا من أن يتجاهل أو يلوي ويقمع النتائج، يغير هو فكرته عما كان يتصوره وينتظره من نتائج.

ويفيدنـــا التطور التاريخي للعلوم بأن المشـــاهدات تعقبها دائما فترات من النشـــاط العقلي . الفكري المكثف التي يتم خلالها الكشـــف عن انتظام المعطيات، لتكون أساســـا لاستحداث النظريات المميزة للنظرة العلمية عن العالم. وشـــهد علم الفلك في القرنين الســـادس عشر والسابع عشر مثالا كنســـيا لهذا التسلســـل المتعاقب للبحث. نذكر أولا النبيل الدنماركي تايكو براهـــي (1546 - 1601) الذي قضى حياته يجمع أهم البيانات الدقيقة في العالم عن مواقع الكواكب في السماء. (وجدير بالذكر أن علماء الفلك لا يحبـــون أن يذكرهـــم أحد بذلك على الرغم مـــن أن هذه البيانات كانت ذات قيمة اقتصادية هائلة في تلك الأيام، إذا اســـتخدمها المنجمون للتنبؤ بالطالع على نحو أكثر دقة).

وبعد وفاة براهي خلفه مســـاعده، وهو عالم رياضي ألماني شاب يدعى يوهانـــس كيبلر (1571 - 1630)، عمد كيبلر إلى تكثيف هذا الكم الهائل مـــن المعلومات، وصاغهـــا في قوانين ثلاثة تعرف باســـم قوانين كيبلر عن حركـــة الكواكـــب، يفيد أحدها على ســـبيل المثـــال أن الكواكب تدور حول الشـــمس في مدار إهليليجي، وهو قانون يكشف عن بصيرة نافذة أطاحت بآلاف السنين من الفكر الذي ساد مبحث الفلك.

وأخيرا هناك إســـحق نيوتن (1642 - 1727) الذي أوضح أن قوانين كيبلـــر نابعة مـــن نظرة أعمق تتضمن ما نســـميه الآن قوانـــين نيوتن عن الحركـــة وقانون الجاذبية الكونية. وتمثل الحصاد النهائي لهذه السلســـلة من الأحداث في صورة عن الكون بسيطة غاية البساطة ومقنعة تماما. إذ تجعل المرء يرى حركة الكواكب وكأنها حركة عقارب ســـاعة بينما تروسها الداخليـــة تمثـــل تطبيقا لقوانين نيوتن. بدا الكـــون الآن من دون تدخلات خارجيـــة إنما يخضع لقوانين عقلانية يمكن التنبؤ بها، قوانين يمكن للعقل البشري أن يكتشفها.

جديـــر بالذكر أن فكـــرة الكون الذي يعمل كالســـاعة كان لها أثرها العميق في ثقافة القرنين الســـابع عشـــر والثامن عشـــر. ويتجلى ذلك بوضوح فـــي الفن والأدب والموســـيقى. حقا إن بعـــض الباحثين وصل بهم الأمر إلى حـــد تأكيد أن واضعي الإطار العام للدســـتور الأمريكي

تأثروا بها على نحو عميق، بمعنى أنهم شعروا بأنهم يكتشفون القوانين الحاكمة للمجتمع البشـــري تماما مثلما اكتشف نيوتن القوانين الحاكمة للمجموعة الشمسية.

وهكذا تفضي عملية الملاحظة في نهاية الأمر إلى شـــيء خاص جدا. وتفضي طبيعة المخ البشـــري إلى أننا حين نجد مظاهر انتظام في العالم الذي حولنا فإننا نعزو مظاهر الانتظام هذه إلى سبب يمكن معرفته سواء قلنا إنها أفعال روح أو تجسيد عمل قانون طبيعي. ونخلق صورة عن الكون فيها ســبب منتج لما نشــهده من انتظام. واعتدت أن أســمي هذه العملية ابتكار نظرية، وإن كنت أجد لزاما أن أنبه القارئ إلى أن الفلاسفة خاضوا حوارات لا نهاية لها بشـــأن تعريف ما النظرية على وجه الدقة والتحديد. بيـــد أننـــا، توخيا للهدف المنشـــود هنا، يمكن أن نأخـــذ قوانين نيوتن عن الحركة وقانون الجاذبية الكونية باعتبارهما النموذج الإرشادي (البارادايم) للنظرية عن الكون.

وحري بنا أن نشير إلى أن جميع النظريات ليست سواء عند ابتكارها. إذ إن بعضها يكون أفضل كثيرا من غيرها من حيث تفســير ما نشـــاهده. مثـــال ذلك أن تايكـــو براهي وضع نظرية مبنية على أســـاس مقاييســـه. وتفيد هذه النظرية بأن الشـــمس تدور حـــول الأرض، لكن جميع الكواكب الأخرى تدور في مدار حول الشـــمس. وقد عجزت نظريته في النهاية عن تفسير البيانات تفسيرا ناجحا، ولهذا تخلى الباحثون عنها. ونذكر هنا أن هذه العملية التي تســـتهدف فرز الأفكار وإســـقاط بعضها، بناء على مدى صلاحيتها لتفســـير المشاهدات هي ما ينقلنا إلى الوجه الثاني المهم للعلم، ونعني به الاختبار.

الاختبار

ســـيقول كثير من العلمـــاء إن الجانب الأهم في العمليـــة العلمية هي المقارنـــة التي لا تهدأ ولا تتوقف بين التنبؤات التي تقول بها نظرياتنا وبين ما يحـــدث بالفعل في الطبيعة. وهذا من شـــأنه، بمعنى مـــن المعاني، أن يكســـب العلم صفة ليســـت لأي مجال آخر من مجالات النشاط البشري،

حَكَم مرجعي خارجي غير متحيز، بل صارم أشد الصرامة في عدم تحيزه. إنــه حكم لا يفرق بين هذا وذاك ســواء أكان هذا الــذي يقترح نظرية ما حائــزا جائزة نوبل أم ذاك مجرد زميل جديد حاصل على درجة الدكتوراه حديثــا. وإذا لم تؤكد التجربة أو المشــاهدة تنبــؤات نظريته فإن النظرية مصيرها الإغفال. وهذه نهايتها.

ويبــدو لي أن هذا الجانب من العلم هــو الأصعب من حيث قابلية غير العلماء لاستيعابه، لهذا سوف أتوفر على الحديث عنه بعض الوقت. تتمثل المشكلة هنا في ارتباطه بقضايا عدم الانحياز والموضوعية، وهاتان قضيتان تثيران في ثقافة ما بعد الحداثة كل رايات التحذير. لهذا فإنني - بعيدا عن أي لغط أو جلبة - أستسمح القارئ أن أعرض أطروحتي في أبسط وأوضح صورة: يتضمن العلم إجابات صحيحة، ونحن نعرف كيف نهتدي إليها.

وليســمح لي القارئ ثانية بأن أقدم هذه الفكرة من خلال مثال تاريخي آخر. يذكر التاريخ أنه بعد أن أعلن إسحق نيوتن القوانين الأساسية الحاكمة لحركة وأداء الكواكب قرر إدموند هالي، المعاصر له، أن يطبق تلك القوانين على تلك الأضواء الغريبة التي تجوب الســماء والمعروفة لنا باسم المذنبات. ونعــرف أن المذنب ضــوء يتوهج فجــأة ويظهر من دون توقع في الســماء ويتحــرك على صفحتهــا حينا ثم يختفي، وهو الشــيء الأبعد ما يكون عن التطابق التام مع الكون الذي يعمل كالســاعة. استخدم هالي قوانين نيوتن، واستطاع أن يحدد مدارات 24 مذنبا تاريخيا، ووجد أن 3 من هذه المذنبات لها مدارات متطابقة. ولم تبق آنذاك سوى خطوة صغيرة للتحقق من أن هذا ليس موقفا خاصا بثلاثة مذنبات مستقلة، بل مذنب واحد يعود ثلاث مرات. واستخدم ثانية قوانين نيوتن، واستطاع أن يحسب متى سيظهر المذنب ثانية في الســماء. (واقع الأمر أن هذا الحســاب ليس ســهلا بســيطا كما يبدو في ظاهره، لأن تأثيرات الجاذبية الكواكب الخارجية يمكن أن تتســبب في حدوث تشوشــات كبيرة في مدارات المذنبات. وقد اكتشــف هالي أن عودة المذنب إلى الظهور تأخرت نحو ســنتين بسبب هذه التأثيرات)، وقال هالي: «إذا كانت الصورة التي قدمها نيوتن عن الكون صحيحة فإن هذا الشــهاب سيظهر ثانية في السماء في نهاية العام 1758».

وتأكدت النبوءة، إذ عشـية عيد الميلاد (الكريسماس)، وبعد وفاة هالي بست عشرة سـنة، وجه باحث هاو في علم الفلك منظاره التلسكوب إلى السـماء ورأى المذنب. وسُمي المذنب باسـم هالي تكريما له. ونعرف الآن أن أول ظهور مسـجل لهذا المذنب كان لعالم فلكي صيني العام 240 قبل الميلاد، وأن أحدث زيارة له للأرض (والتي أصبحت عادية لنا) كانت العام 1986 (وستكون زيارته التالية العام 2061).

وهـذا التتابع للأحداث، والمسـمى عودة مذنب هالي، أكمـل دائرة المنهج العلمي. وسـبق أن أكدت أن العلم يبدأ بالملاحظـة، وينتهي، كما نرى في هذا المثال، بالملاحظة. وإن هذا التفاعل بين أفكار البشر فضلا عن الحقيقة المؤكدة للطبيعة هما ما يجعلان العلم مختلفا عن مجالات النشاط الفكري الأخرى.

وثمة طرفة عرضية تتعلق بقصة مذنب هالي مأخوذة عن هالي نفسه، إذ كتـب بعد أن فرغ من حسـابه لمدار المذنب: «أحسـب أنه (أي المذنب) لو عـاد ثانية العام 1758 فـإن الخلف المنصف غيـر المتحيز لن يرفض الاعتراف بأن أول من اكتشـفه إنجليزي» [1] (كان هالي في حياته المتلئة بالمغامـرات يجمع ما بـين كونه قبطانا بحريا وعميلا سـريا للأدميرالية البريطانية. وأود أن أقول: لقد كان هو جيمس بوند الأصلي).

وكم هو مهم أن نؤكد أن في الإمكان أن نتصور عالما أظلمت سماؤه عشية عيـد الميلاد العام 1758. أو لنقل بعبارة أخرى أن نتبين أن تنبؤات نظرية نيوتن لم تتحقق، ومن ثم فإن النظرية خطأ. معنى هذا بلغة الفلاسـفة أن فيزياء نيوتن قابلة لإثبـات زيفها (أو بلغة القانون قابلة للاختبار ووضعها علـى المحك). إنها نظريـة تطرح تنبؤات يمكن، من حيـث المبدأ، وضعها موضـع الاختبار وقد لا تتحقق. وأصبح من المقـرر الآن أن النظرية التي ليست لها هذه الخاصية ليست جزءا من العلم.

ومـن المهـم أيضا أن نقـرر أن نظرية ما يمكن أن تكـون قابلة لإثبات زيفها لكنها لاتزال خطأ. مثال ذلك عبارة «الأرض مسـطحة»، عبارة قابلة تمامـا للاختبار ولإثبات زيفها. وثبت زيفها. ونجد من ناحية أخرى نظرية قابلة لإثبات زيفها وصحتها. مثال ذلك عبارة «اضطراب منظومة مغلقة لا ينقـص مع الزمن». فهذه عبارة قابلة للاختبار وقابلة لإثبات زيفها. ولكنها

صحيحة (وهذه معروفة بأنها القانون الثاني للديناميكا الحرارية). وهكذا نرى أن حدث العام 1758 كان دليلا على أن الكون الذي يشبه الساعة عند نيوتن هو مثال آخر لنظرية قابلة لإثبات الزيف ولكنها صحيحة.

وكان لمعرفتي أن النظريات العلمية قابلة للاختبار دور رئيس في قراري أن أصبح عالم فيزياء. إذ كنت وأنا طالب بالجامعة مفتونا ولزمن طويل بالفلسفة، وعقدت العزم جادا أن أنذر حياتي لهذا المجال. بيد أنني كلما قرأت أكثر استمعت أكثر وأكثر لكبار فلاسفة زماني، بدأت أدرك أن أهل هذا المجال، وعلى الرغم من تناولهم أهم القضايا الأساسية، فإنهم في نهاية المطاف لا تصل بهم الحوارات إلى خاتمة متفق عليها. وتبين لي أنك مادمت تملك حججا متسقة منطقيا، ومجادلا لَسِنًا - مثلك مثل من تجادله - فلن يستطيع أحد أن يثبت أنك على خطأ. وتخيلت فلاسفة العالم وكأن كل فريق يعيش في دائرته أو مدرسته الفكرية المنفصلة عن غيره من دون أي قوة خارجية فاعلة يمكنها أن تؤسس معيارا للصدق. ومع التقدم في مراحل حياتي العملية تبين لي أن هذا هو عين الموقف في الميادين الأخرى للإنسانيات. ويصبح لزاما على أهل هذه المجالات أن يسقطوا إمكان الوصول إلى إجابات محددة في مقابل حق طرح أسئلة وقضايا عميقة وأساسية.

لكن العلم جد مختلف. يمكن أن تكون هناك - وغالبا هو كذلك في الحقيقة - خلافات بشأن أي نظرية هي الأفضل لتفسير المعطيات التي بين أيدينا، وقد تستمر الخلافات عقودا. لكن في النهاية يتفق الجميع على أن المعطيات المتاحة لنا هي التي تحسم القضية في النهاية. ويستطيع العلماء التوصل إلى نتيجة نهائية للحوارات الدائرة بينهم بأن يحصروا انتباههم في نطاق أنماط المسائل التي يمكن الإجابة عنها في ضوء المشاهدة. بيد أنهم في الوقت نفسه لا بد أن يتخلوا عن البحث عن إجابة عن الأسئلة الأعمق (كأن نسأل: ما معنى الحياة؟). ويعبر عن هذا الراحل كين بولدنغ حين قال: «العلم... هو عملية إبدال الأسئلة غير المهمة التي يمكن الإجابة عنها بأسئلة مهمة لا يمكن الإجابة عنها» (2).

وبعــد أن عرضت هذه الفكــرة عن العلم عامة أريــد أن أوضح جانبا للعمليــة التي لها تأثيراتها الهائلة في وســيلة تفاعل المشــروع العلمي مع المجتمع بشــكل عام. إن عملية اقتراح نظريــة واختبارها والتي أوضحت معالمها آنفا هي عملية يجري تنفيذها على نحو جيد تماما، ومن ثم يمكن الاعتماد عليها في التطبيق العملي لاستنباط التأويل الصحيح عن الطبيعة. لكن ما لا يمكن أن تفعله هو إثبات تلك التأويلات ونقلها وفق برنامج عمل محدد، وهذا ما يمكن أن يسبب أحيانا بعض المشكلات.

ولننظــر إلى الأمر على هــذا النحو: تنبثق كل فكــرة علمية في عقل فــرد بعينه في مكان مــا من العالم. وتخضع على مــدى الزمان للاختبار مــرات ومرات، وربما تصبح موضع قبول. وأكثــر من هذا أن في الإمكان أن تتضمنهــا المراجــع. ولكن يأتي وقت حتما، تأخــذ فيه الفكرة مجراها فــي التطبيق، فتكون موضع اختبار وعلــى المحك. جدير بالذكر أن عملية القبول عمليــة معقدة، إذ تتضمن اختيارات فرديــة من جانب الآلاف من العاملــين في المعامل في مختلف أنحاء العالم. وبين النشــأة والقبول ربما تدخل الفكرة العلمية فيما يشــبه النســيان حين لا يكون معروفا إن كانت خطأ أم صوابا.

ونحن حين نتحدث عن الكيفية التي سيواجه بها مواطن العلم في القرن الواحد والعشرين نجد أن حالة عدم اليقين هذه بالغة الأهمية، ذلك لأنها تتناقــض مع إحدى الصور التي في خيــال الكثيرين عن العلم. ونعرف أن الكثيرين يظنون أن العلم لديه إجابات دائما وأنها إجابات صحيحة دائما. (إذا راودك شــك في هذا، لك أن تلاحظ طريقة استخدام كلمة *علمي* في الخطاب اليومي). لذلك فإن من الصعوبة بمكان على الكثيرين قبول، ومن ثم فهم، أن هناك فترات من عدم اليقين في تاريخ تطور أي فكرة.

ولقــد واجهت هذا الموقف مرارا عندما كنت أحاضر عن العلم للقضاة (وهذا ما أفعله كثيرا تحت رعاية مدرســة القانون في جامعتي). وأود أن أصوغ المشــكلة على النحو التالي: «أنــا كعالم يطيب لي أن أقول إن المنهج العلمي سيقدم لنا إجابات موضع ثقة بالنسبة إلى مشكلة بعينها بعد عشر سنوات من البحث. لكن المشكلة أن المحاكمة ستبدأ الثلاثاء المقبل».

جوهـــر القضية أن كثيرا من القضايــا التي تعترض الناس في حياتهم بوصفهم مواطنين ســـوف تتضمن العلم وهو لايــزال في المنطقة الرمادية بين مرحلتي البداية والقبول. ولهذا فإن معرفتهم بالمبادئ الأساســية للعلم تمثــل، على الرغم من أهميتها الشــديدة، مجرد جـــزء مما هم في حاجة إلـــى الإلمام به. وهـــم في حاجة أيضا إلى فهم الكيفيـــة التي أصبحت بها هذه الأفكار مقبولة حتى يتســنى لهم إصـــدار أحكام معقولة عن القضايا الراهنة من مثل احترار الكوكب أو آخر التحذيرات بشـــأن المواد المسرطنة في الطعام.

صفة أخرى للمنهج العلمي وهي أنه، إذا ما توافر الوقت الكافي، يكشف كلا مـــن الأخطاء (التي تحدث) والخـــداع المتعمد (الذي يحدث أيضا لكن بدرجـــة أقل). وأذكر أن اثنين من العلماء في جامعة أوتاه أعلنا في نشـــرة أخبار المســـاء منذ عدة ســـنوات أنهما نجحا في عمـــل انصهار نووي بارد فـــي معملهما. وأحدث النبأ ضجة. وأتحدث عن نفســـي عندما أقول: إن ذلـــك كان وقتا رائعا لأن يكون المرء فيزيائيا، فقد كان الناس مهتمين فعلا بالحديث معك في المحافل. لكن اســـتغرق الأمر نحو الشـــهر من المجتمع العلمـــي ليعلن رفضه هذه المزاعم على أســـاس عيوب فنيـــة في التجربة الأصلية وفشـــل الباحثين الآخرين في الوصول إلى النتائج نفسها في ظل ظـــروف مضبوطة ومحكمة. وحدث بعد ذلك، منـــذ عهد قريب، أن أعلن باحـــث من كوريا الجنوبية أن معمله نجح في إنتاج خلايا جذعية بشـــرية. وانطلقت التساؤلات من كل مكان على ألسنة كتاب التقارير من الصحافيين، وســـرعان ما كشـــفت عن حقيقة الخداع في هذا الزعم. وطبيعي أن مثل هذا النوع من الأحداث يدفع المعلقين إلى التشكك والتساؤل بشأن الأسس الجوهرية للعلم. بيد أنها، على الرغم من ذلك، توضح أن منظومة العلم إذا ما تركناها لحالها وتوافر لها الوقت الكافي فإنها ســـوف تصل في النهاية إلى الإجابة الصحيحة.

ليســـمح لي القارئ بنقطة أخيرة عن المنهج العلمي قبل أن أســـتطرد، وذلك لأنهـــا تتضمن نقدا آخر للعملية، وهو النقد الذي يثيره الفلاســـفة أحيانا. إن المنهج العلمي قد يكون ســـبيلنا إلى الوصول إلى مقاربات أكثر

ارتباطا بالحقيقة، لكنه لا يستطيع أن ينتج - وغير مصمم بهدف إنتاج - «الحق». وسبب ذلك بسيط للغاية: إذا كانت المنظومة مبنية على أساس الملاحظة، إذن فإن من المنطقي أن تظل دائما معرضة لاحتمال أن تظهر غدا ملاحظة أخرى تطيح بمبدأ استقر زمنا طويلا.

لكن مع كل ما قلته آنفا دعني أضع تمييزا مهما بين ما هو منطقي وما هو معقول. ليس في الإمكان البرهنة منطقيا على أن الشمس سوف تشرق غدا. ونعرف أن الحقيقة الواقعة هي أنها تفعل هذا منذ 4.5 مليار سنة. بيد أن هذه الحقيقة لا تبرهن على أنها ستفعل ذلك غدا. ونحن من ناحية أخرى نعترف بأن من الحمق تماما أن ننظم حياتنا على احتمال أنها لن تشرق. هذا هو الفارق بين ما هو منطقي وما هو معقول. لذلك فإنه إذا كان من الممكن منطقيا أن يثبت شخص ما - غدا - خطأ مبادئ بقاء المادة، أو التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي، فإنني شخصيا أستطيع أن أضع الاحتمالات المرجحة ضد هذا الحدث في مستوى أعلى من احتمالات عدم شروق الشمس غدا.

هذا هو الوضع إذن. وحيث إننا في عالم ناقص، فإن هذه هي السبيل الفضلى لنا. وأقول صراحة إنها تبدو جيدة جدا في نظري.

ما ليس بعلم: العلم الزائف وما أشبه

أدى نجاح العلم إلى نشوء نوع من المحاكاة الفكرية التنكرية: أحداث متتابعة تحاول أن تظهر في صورة العلم وتزعم أنها علم، ولكنها ليست كذلك. وتحمل جميعها اسم «العلم الزائف». وكثيرا ما تعرض مشكلة تثير الخلط لدى المراقب العابر غير المتمرس. وأتحدث هنا عن مجالات من مثل التنجيم وإدراك ما هو خارج النطاق الحسي extrasensory perception، ومثلث برمودا والأجسام الطائرة المجهولة UFO، وزوار من خارج الأرض لكوكبنا، والصور المختلفة للنشوء من العدم. وأجد من حسن الحظ أن العرض السريع السابق للمنهج العلمي يمكن أن يوفر لنا أدوات لتحليل ورفض كثير من المزاعم التي شاعت في الماضي، وكذا ما سوف يظهر منها للأسف مستقبلا.

ولنبدأ بالعقيدة الأولى عن المنهج العلمي - أعني فكرة أننا نعرف ما يتعلق بالطبيعة عن طريق الملاحظة - تفيدنا هذه العقيدة بأن أول ما ينبغي عمله عند مواجهة ما نظن أنه قد يكون علما زائفا هو أن نسأل سؤالا بسيطا: «هل الوقائع المذكورة صادقة حقا؟»، وسوف أعطي بعض الأمثلة لأوضح كيف أن هذا السؤال يحقق هدفه.

التنجيم

التنجيم منظومة عَقَدية ترجع إلى أيام علماء الفلك العظام في بابل. وترى العقيدة المحورية هذه في عبارة بسيطة أن مواقع الكواكب في السماء لحظة ميلاد المرء تحدد شخصيته والأحداث التي تقع له في حياته. ولعل أهم جانب فيها هو ما اصطلح على تسميته برج المرء. ويتحدد معنى البرج جوهريا بأنه الكوكب الذي تظهر الشمس معه، لحظة الميلاد إذا كان في الاستطاعة أن نرى النجوم في وضح النهار. ويبلغ مجموع الأبراج المألوفة لنا اثني عشر برجا يغطي كل منها قرابة الشهر. وهذه هي الكواكب التي تمثل مجموعة في السماء تسمى دائرة البروج، التي تتحرك الشمس عبرها على مدى سنة.

وثمة سبل كثيرة لنقد التنجيم. مثال ذلك يمكن للمرء أن يوضح أن الحركة المنتظمة لمحور الأرض غيرت العلاقة بين أبراج دائرة البروج وأيام الميلاد منذ عصر البابليين. ويوجد اليوم فارق يقارب عدة أشهر بالتمام والكمال تزحزحت فيه هذه الأرقام. معنى هذا أن برج ميلادك لم يعد في ذات صف موقع الشمس عمليا. ويستطيع القارئ أن يؤكد أيضا أن علماء الفلك المحدثين يقررون أن دائرة البروج بها ثلاثة عشر كوكبا بدلا من الاثني عشر التي يقول بها التنجيم. وأضيف هذا الكوكب الجديد واسمه أوفيوكوس - أي حامل الثعبان - منذ ستين عاما مضت ولكن لم يوضع ضمن خارطة البروج للكشف عن الطالع.

لكن لندع هذا جانبا ونركز على السؤال الأساسي: «هل التنجيم له مصداقية؟» إليكم اختبار صغير أجريه عادة مع طلابي: آخذ خارطة الطالع المنشورة في صحيفة الأمس وأزيح الأبراج جانبا ولا يبقى سوى اثنتي عشرة

مشورة أو رؤية غير محددة وفق تاريخ الميلاد. أطلب بعد ذلك من كل طالب عمل شيئين اثنين: أولا، استخراج الرؤية التي كانت هي الأفضل له في اليوم السابق ثم أعطيه بعد ذلك برجه. هنا تستطيع أن تتبين ما إذا كانت خريطة الكشف عن الطالع قدمت عمليا رؤية أو مشورة مفيدة أم لا.

لكن هنا الخدعة: إذا اكتفى الطلاب باستخراج مشورة عشوائيا فإن من المتوقع أن يحصل الطالب على المشورة الصحيحة مرة واحدة من اثنتي عشرة مرة. معنى هذا أن السؤال الحقيقي ليس ما إذا كان شخص بعينه حصل على المشورة الصواب، إذ إن البعض سيتحقق له ذلك مصادفة. إنما السؤال هو إذا ما كنا بصدد فريق كبير العدد فإن النتائج سوف توضح أن قراءة طالعك لن تقدم لك جديدا غير ما استخرجته بشكل عشوائي. جدير بالذكر أنني حين أفعل هذا مع فئات تتألف من أعداد ما بين 80 و200 طالب نجد النتائج دائما متسقة مع الاختيار العشوائي. ومن ثم فإن التنجيم، تأسيسا على هذا الاختبار البسيط، يفشل في أبسط اختبار أساسي يمكن أن نجريه على فكرة ما، أعني اختبارا للكشف عما إذا كان للفكرة مصداقية في العالم الواقعي أم لا.

وليس المرء في حاجة إلى أن يمضي بعيدا للكشف عن إخفاقات أخرى للتنجيم. إذ اعتدت أن أقدم حالتي أنا وزوجتي بوصفها مثالا واضحا صارخا. إذ أنا وزوجتي من مواليد برج العذراء، والفارق بين تاريخ ميلادي وتاريخ ميلادها ستة أيام (لكن في سنتين مختلفتين). واكتشفت من اليوم الأول أن لكل منا شخصيته المميزة. وليس هذا فقط، بل كلانا على العكس تماما من التنميط المعتاد للجندر. ذلك أن واندا موسيقية تنزع إلى العقلانية والفكر الخطي المستقيم باتجاه واحد. وأنا عالم فيزياء أميل إلى ما هو وجداني وحدسي. وطبيعي أن التكامل بين هذه العناصر المميزة يفيد كثيرا في الزواج، لكنه يقينا لا قيمة له لكي يجعل من التنجيم شيئا قابلا للتصديق حين يتعلق الأمر بأن كلينا من برج واحد.

أخيرا أود أن أوضح أن التنجيم يعتبر المثال الأول والأبرز لما أسميه نمط العصر الذهبي للعلم الزائف. إنه في جوهره يؤكد أن العصور القديمة امتلكت حكمة فقدتها الحداثة الفظة وأنه يتعين رد الاعتبار لها لما يتميز به

من عراقة. ترى ماذا تقول ردا على هذا؟ اعتدت دائما أن أسأل الناس إذا ما ألم بهم صداع أو ألم في الأسنان إن كانوا يفضلون الذهاب إلى طبيب من بابل. ويبدو أن هذا يكفي.

مثلث برمودة

ذاع وشاع مثلث برمودة في صورة أسطورة وقصة. ويوجد وفق ما هو مفترض في المحيط الأطلسي حيث اعتادت، كما يقال، أن تختفي فيه السفن والطائرات على نحو غامض من دون أن تترك أثرا. وأعود لأقول إن السبيل لتناول هذه المشكلة هو أن نسأل ما إذا كانت السفن لاتزال تختفي فعلا في المثلث، وأنها تختفي بأعداد ونسب تختلف عن غيرها من الأماكن. ولعل من حسن الحظ أن مثال مثلث برمودة يصور حقيقة أخرى عن العلم الزائف. إن أي أسطورة تصمد للزمن وقتا كافيا لا بد عاجلا أم آجلا أن يظهر شخص يضيق بها ويبدأ في التساؤل بشأنها ومراجعتها ويؤلف عنها كتابا يعفيك من مشاق البحث عن الحقيقة بنفسك.

وفي هذا الصدد، فإن كتابا بعنوان: «الكشف عن حل لغز مثلث برمودة»، لمؤلفه لاري كوشي، وهو قيِّم مكتبة ومعني بالأبحاث ومعلِّم طيران، قد أعفانا من عناء البحث. يكشف الكتاب عن جهود كوشي الذي لم يهدأ أو يمل في البحث والاطلاع بين السجلات التاريخية. واستطاع بعد جهد جهيد في التوثيق أن يوضح دور الإعلام في صياغة أسطورة مثلث برمودة على مدى عقود. وكشف عن دور المراسلين الذين حوروا الأحداث وصاغوها على نحو يتلاءم مع قصصهم. ولعل النوادر المفضلة عندي هي السفينة التي قيل إنها فقدت في المثلث، ثم تبين بعد ذلك أنها غرقت في المحيط الهادئ، ولغز الاختفاء الغامض لطائرة حلَّقت في الحقيقة وسط إعصار مدمر.

رواد الفضاء في العصور القديمة

أعتقد أن كل عالم يجد نفسه في فترة من حياته مدينا لمجتمعه بفضل العلم الزائف في عصره. وهذه مهمة مثيرة للإحباط، أشبه بعملية إخراج وإزالة النفايات، إذ مهما نبذل الجهد للتنظيف اليوم نجد مزيدا منها غدا.

كنت قد أنهيت فترة خدمتي في أواخر السبعينيات وقتما امتلأ الجو بشائعات عن رواد فضاء هبطوا إلى الأرض في العصور القديمة. ولعلنا لانزال نشاهد مثل هذه الموضوعات في برامج التلفاز في ساعات متأخرة من الليل، وإن توارت على ما يبدو في الوعي العام. وتفيد المقدمة الأساسية لهذه النظرية أن المصريين القدماء كانوا أغبى من أن يستطيعوا بناء شيء بأنفسهم مثل الأهرام، ولذلك لا بد من أن يكون قد ساعدهم على إنجاز هذا العمل فريق مجامل متعاون من زوار الفضاء الخارجي. ونجد عينة من هذا الكلام في كتب كثيرة، منها الزعم أن الأهرام مقامة على مربع كامل دقيق بينما لم يكن في إمكان المصريين عمل أي شيء بمثل هذه الدقة الكاملة.

والتزاما بالحكمة التي أشرت إليها، وهي مراجعة الوقائع، قضيت فترة بعد الظهر على مدى فصل ربيع ممطر في مكتبة جامعة فيرجينيا اطّلعُ وأنقب في القياسات المساحية الفعلية للأهرام (في وسع القارئ الآن أن يجري ذلك على الأرجح عن طريق الحاسوب)، وتبين لي أن القاعدة أبعد ما تكون عن وصفها بالمربع الدقيق كامل الدقة. إذ إن شكل الضلع الأطول لقاعدة هرم خوفو الأكبر أطول بثماني بوصات من الضلع الأقصر. وإذا عرفنا أن طول الضلع نحو 1000 قدم، نجد أن هذا الإنجاز مهمة فريدة في عمل المساحة بالنسبة إلى رجال يمدون الحبال للقياس على أرض رملية فضاء، وهو ما فعله المهندسون المصريون. ولكن ما الرأي بالنسبة إلى هذه المهمة عند رجال المساحة اليوم؟

رغبة في الوصول إلى إجابة قصدت معلما يعلم الهندسة المدنية، المقرر الدراسي الأولي للهندسة المعمارية الذي يرسل جيلا بعد جيل من الطلاب لقياس الأضلاع الأربعة لحرم كليتهم. عرضت عليه خريطة مسح أرض الهرم، وسألته: إذا أرسلت طلابك لعمل خارطة مسح لمربع وعادوا إليك بهذه الخريطة، ما الدرجة التي تعطيهم إياها؟».

أجاب: يرسبون.

وهذه هي المسألة في وضوح. إن الاعتقاد برواد فضاء أتوا من الفضاء الخارجي في العالم القديم معناه الاعتقاد بوجود سلالة من المخلوقات خارج كوكب الأرض تملك تكنولوجيا لوضع تصميم لسفينة فضائية تطير عبر النجوم، ولكنها ترسب في مقرر الهندسة المعمارية الأولي؟

والســؤال الآن إذا كان إثبــات خطــأ العلم الزائف عن طريق كشــف ومراجعــة الوقائع بهذا القدر من الســهولة، فلماذا لايــزال العلم الزائف قائما ومنتشرا حولنا؟ ثمة إجابات كثيرة عن هذا السؤال. إحداها تتضمن حاجــة بعض الناس إلى الاعتقاد في شــيء أعظم منهم، وفي هذه الحالة يجدون ضالتهم في ســلالة خيِّرة من الموجودات الفضائية يقدمون لهم يد المســاعدة، بل وربما يحرســونهم. إجابة أخرى هي أن العائد المهني الذي يحصل عليه العلماء مقابل أن يقضوا وقتهم لإثبات هذا الزيف عائد قليل جدا. ويكفي أن أقول إن أبســط مراجعة للتحقق من صدق زعم وارد في كتاب كامل يضم بين دفتيه أخطاء من هذا النوع استغرق مني يومين عملا متواصــلا. وإذا نظرت إلى الأمر مــن زاوية عملي ومصلحتي ربما وجدت أن من الأفضل لي أن أقضي اليومين عاكفا على إنجاز أوراق بحث خاصة بي. لهذا لا غرابة إذ نجد العلماء المنطقيين مع أنفسهم يكتفون بالنظر إلى العلم الزائف ويهزون أكتافهم استهزاء، ثم يعود كل منهم إلى معمله.

النشوء من عدم

أحيانا يصبح العلم الزائف أكثر من مجرد إثارة بســيطة للمشــاعر أو ســبب للتسلية، ويبدأ يمثل خطرا حقيقيا على التعليم في أمريكا. وتشهد الولايات المتحدة منذ بداية تاريخها جهودا متصلة للزج بشــكل من أشكال إمكان نشوء شيء من العدم في المقررات الدراسية بالمدارس. وهذه الجهود مثال جيــد لتلك الظاهرة المثيرة والمنذرة بالخطر على التعليم. وأعني هنا الأخــذ حرفيا بما قالته التوراة في ســفر التكويــن. ومحاولة تطبيق ذلك على كل الموجودات وكأنها بدأت كاملة ولم تمر بمراحل تطور. وتأخذ هذه المحاولات أشــكالا عدة منها على سبيل المثال ما نشــهده أخيرا من رواج عبارة «المدبر الذكي».

جدير بالذكر أن لهذا التوجــه تاريخا طويلا في الولايات المتحدة، علاوة على سلســلة ممتدة من القضايا المرفوعة لدى المحاكــم، والتي دأبت عامدة على شــن الهجمات تلو الهجمات على مقرر البيولوجيا الدراسي. وتشير هذه القضايا عادة إلى أول تعديل في الدســتور، والذي ينص في جزء منه على أن

«يحظر على الكونغرس تشـــريع أي قانون يدعــم عقيدة معينة...» (*). وتبدأ سلســلة القضايا المرفوعة أمام المحاكم بمحاكمة سكوبس (**) العام 1926، عندما حاولت ولاية تنيسي تجريم تدريس التطور. وأعقبتها قضية ماكلين ضد أركانساس العام 1982، وذلك عندما حاولت ولاية أركانساس أن تخلق توازنا بين الاتجاهين المتقابلين: نظرية الخلق ونظرية التطور. ثم قضية إدواردز ضد أغويلار 1987 عندما حاولت لويزيانا الإقرار بضرورة تدريس النظريتين معا أو رفضهما معا. ثم أخيرا العام 2005 قضية كيتســميللر ضد إدارة مدرسة منطقة دوفر التي حظرت قراءة نصوص دينية في قاعات الدرس.

وتركز الحجج في أغلبية هذه القضايا في شأن تفسير التعديل الأول، ولكن كان للمسائل العلمية دور أيضا. وهكذا تقدم لنا القضايا رؤية نافذة ومثيــرة عن تطور (وعذرا عن الكلمة) التفكير الخاص بالنشــوء من العدم على مدى القرن الماضي. وهذا بدوره يهيئ لنا فرصة لكي نرى كيف يمكن للجوانب المختلفة للمشروع العلمي أن تشارك في السجالات الدائرة.

وسرعان ما قاد السجال إلى مشكلات جديدة مثل البرهنة على أن الأرض أقدم زمنا مما هو شــائع لــدى العامة. مثال ذلك أننا نــرى نجوما على بعد مليارات السنين الضوئية، ما يعني أنه ما كان لنا أن نراها لو كان عمر الأرض - كما يظن البعض - 6 آلاف ســنة. وظهرت كتب تؤكد أن الأرض نشأت منذ عهد قريب وهو 6 آلاف ســنة، لكن على نحو تظهر معه وكأنها قديمة. ونجد هذا في كتاب بعنــوان أومفالوس Omphalos من تأليف فيليب هنري غوس، والمنشــور العام 1857، أي قبل كتاب دارويــن «أصل الأنواع» بعامين 1859. أومفالوس هي الكلمة اليونانية للســرة، أو ســرة البطن، ويعتمد الكتاب على حجة مفادها أن آدم ظهر إلى الوجود، وله ســرة على الرغم من أنه لم ينشــأ داخل رحم. كذلك وبالمثل ظهر الكون منذ نشــأته في صورة يبدو فيها وكأنه

(*) النص الكامل للتعديل الأول هو: «يحظر على الكونغرس تشريع أي قانون يدعم عقيدة معينة. أو تشــريع أي قانون يمنع ممارســة أي عقيدة، أو تشــريع أي قانون يعطل حرية الرأي أو النشر الصحافي أو حق الناس في إقامة تجمعات ســلمية أو إرســال عرائــض إلى الحكومة للمطالبة برفع الظلم» [المحرّرة].

(**) جون توماس سكوبس (1901 - 1970)، مدرس أمريكي متهم بتدريس التطور في مدرسة في تنيسي [المترجم].

أقدم تاريخا من الحقيقة. ويستطرد الكتاب مؤكدا أن المجرات البعيدة ظهرت إلى الوجود وقد سرى ضوؤها في الفضاء الكوني منذ زمن سابق في الطريق إلى كوكب الأرض.

ويفســـر هذا المذهب كل المعطيات من دون اســـتثناء، ولذلك لن أفنده علـــى نحو ما فعلت مع مثلث برمـــودة ورواد الفضاء في العصور القديمة. ونلاحـــظ أن العلماء ورجال القضاء في رفضهم هذه الصورة من المحاجاة إنما اعتمدوا على قســـمة أخرى مميزة للعلم وهي القسمة التي ناقشناها مـــن قبل، وأعنـــي بها قابلية إثبـــات الزيف. وطبيعـــي ألا توجد تجربة أو مشـــاهدة يمكن أن تبرهن لنا بطلان مثل هـــذا التصور. ويمكن لأصحابه عند مواجهتهم أي اكتشاف علمي جديد أن يقولوا في جرأة: حسن، هكذا كان الكون قديما منذ النشأة، أو هذا هو المعنى المتضمن والذي خفي على الإنســـان ثم كشـــفه العلم. ولكن مثل هذا النهج في المحاجاة لا يكشف عن قـــوة، وإنما يؤكد أنه ليـــس علما، لأن كل نظرية لكي نصفها بالعلمية لا بد أن تكون قابلة لإثبات الزيف.

وظهـــر بعد فترة قصيرة ومنذ عهد قريب جدا ما يســـمى علم الوجود من العدم، وهو الفكرة نفسها في ثوب جديد وتحمل اسم «التدبير الذكي» intelligent design، واحتـــل هذا العلم المزعوم ناصية الموقف. ويتأســـس هـــذا النهج الجديد على فرضية محورية مبناها مفهوم ما يســـمى التعقد غير القابل للاختـــزال irreducible complexity. وجوهر هذه الحجة أن الطبيعة بها منظومات تســـتلزم كثيرا من الأجـــزاء المختلفة والتي لا تعمل إذا ما فقدت جزءا ومن ثم لم تكتمل جميع أجزائها معا. ويشـــير أصحاب هذا الرأي إلى البكتيريا ذات الســـوط، وتجلط الـــدم، وإلى جهاز المناعة، ويـــرون فيها أمثلـــة للتعقد غير القابل للاختـــزال. وتمضي الحجة زاعمة أنـــه احتمال ضعيف جدا القول إن الانتخاب الطبيعي جمع كل أجزاء هذه المنظومات معا وفي وقت واحد، وإنما جمعها تدبير ذكي. وأخذ هذا المنهج طريقه إلى القضاء للفصل في الدعاوى بشأنه، وذلك في مدينة دوفر في بنســـلفانيا. وحدث أن صوَّت أعضاء مجلس إدارة المدرســـة على أن يكون موضـــوع التدبير الذكي مـــن بين موضوعات المطالعة في الصف التاســـع

العلمي. بيد أن المدرسين رفضوا ذلك تأسيسا على أن القرار يخالف التزامهم الذي يلزمهم بتعليم العلم الأفضل. وأقام أولياء الأمور دعوى أمام القضاء وانتقلت القضية إلى المحكمة الفدرالية.

وليس هنا المكان المناسب لكي نعيد على القارئ الحجج العلمية الرافضة، لكن يكفي أن نقول إن القاضي جاك جونز قدم شهادة علمية تعتبر حقيقة إحدى روائع الحجج العلمية [3]. وفند جميع الآراء غير العلمية بأسلوب قوي وذكي، ودحض الزعم بأن المنظومات الطبيعية تكشف عن تعقد غير قابل للاختزال، وتناول هذا الزعم بالتفنيد نقطة نقطة.

ويلاحظ هنا أن عبارة مثل «تتضمن الطبيعة منظومات تكشف عن تعقد غير قابل للاختزال» تبدو في ظاهرها وكأنها فرض علمي جيد، يمكن اختباره عن طريق الملاحظة. ولكن إذا ما اختبرناها اتضح زيفها، وهي مثال لنظرية زائفة في حقيقتها، وإن كانت في ظاهرها قابلة لإثبات زيفها، وتشبه هنا نظرية «الأرض مسطحة».

النتيجة

ختاما هناك عدد صغير نسبيا من الخصائص التي تحدد لنا ماهية المشروع الذي نسميه علما. تتضمن الأفكار الأساسية ملاحظة العالم والاختبار الدائم للنظريات في ضوء الطبيعة، والالتزام بشرط أساسي هو أن كل ما نسميه علما لا بد أن يكون قابلا للاختبار.

ويبدو في ضوء ما سبق أن هذه هي أبسط الشروط اللازم توافرها في أي جهد فكري، والذي حقق مثل هذه التغيرات الهائلة في وضع البشرية. والسؤال كيف تسنى لمثل هذا المنهج البسيط أن يحدث ثورة في طبيعة الوجود البشري وأن ينتج أشكالا جديدة من الثروة والرخاء؟ وهذا هو موضوعنا في الفصل السابع. لكن قبل أن نشرع في الإجابة أود أن أعرج على سؤال: كيف وفر لنا هذا المنهج بنية معرفية يتعين أن يلم بها كل مواطن؟ أو أقول بعبارة أخرى، سوف أتناول موضوع الثقافة العلمية أو لنقل محو الأمية العلمية.

* * *

2

محو الأمية العلمية: ماذا يعني؟

القسط الأكبر من هذا الكتاب سوف يقترن بمناقشة أفضل السبل لمحو الأمية العلمية، أو للتزود بالمعارف الأولية العلمية من خلال نظامنا التعليمي. لذلك نرى لزاما أن يتوافر لدينا تعريف محدد وواضح لمعناه قبل أن أبدأ الحديث عن برامج تنفيذ ذلك. وأود أن أشير إلى أنني سوف أعرض لمحو الأمية العلمية بأسلوب غير مباشر، ذلك لأن سياق التعريف الذي أقدمه يعادل في أهميته أهمية التعريف ذاته. وجدير بالذكر أنني أرى محو الأمية العلمية لبنة واحدة في بنية أكبر نسميها محو الأمية الثقافية، أو الإحاطة بالمعارف الأساسية للثقافة، لكن هذه اللبنة لها قضاياها ومشكلاتها الخاصة بها. لذلك

«إن قليلا من القدرة على التذكر لن يضر أحدا، شريطة ألا يهبط مستوى العملية إلى حد ممارسة تعلم من دون فهم»

المؤلف

فإنني أعتزم البدء بالموضوع الأوســع أفقا، ثم أركز الاهتمام بعد ذلك على هــذا القطاع من الإحاطة بالمعارف الأساســية للثقافة وثيقة الصلة بالعلم والتكنولوجيا، والتي لــن يجانبنا الصواب إذا وصفناها بعبارة محو الأمية العلمية. وسوف أناقش في فصول تالية أسباب أهمية محو الأمية العلمية، وأقترح سبل تضمينه في نظامنا التعليمي.

المعارف الأساسية الثقافية

محو الأمية العلمية هو توافر المعارف التي يفترض أهل العلم في زمان ومكان محددين أنها متوافرة لدى غيرهم من الناس.

مثال ذلك أن صحف الغد يمكن أن تتضمن مقالا عن مكســيكو سيتي. ونلحظ أن الكاتب أو المحرر لا يقول: «في مكســيكو ســيتي اليوم، آه أذكر بالمناســبة أن مكسيكو ســيتي هي عاصمة المكسيك، وهي بلد تشترك مع الولايات المتحدة فــي حدودها الجنوبية». لن يقول أحدهما ذلك، لأن كلا منهما يفترض أن قراءهما يعرفون جيدا أين تقع مدينة مكســيكو ســيتي، وأين تقع المكسيك، علاوة على بعض المعلومات عن العلاقات الحالية وكذا في الماضي بين المكسيك والولايات المتحدة. ونظرا إلى أن المحرر أو الكاتب يفترض أن القراء على علم مســبق بهذه المعارف، فإن أحدهما لن يجشــم نفســه مهمة إخبار قرائه عن شــيء منها. ويعني هذا بدوره أن القراء إذا كانوا على غير علم بهذه المعارف فذلك من ســوء حظهم، ولا شــيء آخر. ومن ثم لن يعرفوا شيئا عن موضوع المقال.

وهنا نقــول إن جميع المعارف صغيرها وكبيرها التــي يفترض الناس أنها متوافرة لدينا هي ما نسميه المعارف الأساسية الثقافية، وكم هو مهم أن ندرك أن ما أتحدث عنه هنا ليس سوى حقيقة تجريبية معيشة خالصة. وسواء قبلنا هــذه الافتراضات أم لم نقبلها، نقول إنها واقع معيش الآن، وأن من يفتقر إلى أهم لبنات هذه المنظومة من المعارف لن يستطيع فهم بعض عناصر المناقشة - وربما هي العناصر المهمة - التي تجري على نطاق المجتمع باتساعه.

جديــر بالذكــر أنني حين أريــد التأكيد علــى هذا بالنســبة إلى من يعتمدون مثل هــذه الافتراضات في الحياة الواقعية، فإنني غالبا ما ألجأ إلى اســتخدام الرســوم التعبيرية المتحركة «الكارتون» التي أستمدها من

منشـــورات معينة مثل صحيفة «النيويوركر». ويوضح أفضل هذه الرســـوم التعبيريـــة في نظري رجلين ملتحيين يرتديان رداءين طويلين، ويحيط بهما أزواج من الحيوانات. ويقف الجميع على متن قارب خشـــبي كبير، وقد بدا واضحا أنه يوشـــك أن يغرق. وتقرأ العبارة التالية المكتوبة كشـــعار للرسم «كنت أعرف أن طيور نقاري الخشب هذه ستكون مشكلة»!

نعم، إنه رســـم كارتوني هزلي، بيد أنني أود من القارئ أن يفكر لحظة في جميع المعارف التي افترض رســـام الكارتون أنك على علم بها. إنه لم يقل أي شـــيء عن نوح أو عن إصحاح التكوين في التوراة أو عن الأربعين يومـــا والأربعين ليلة من المطر المدرار ولا حتى عن الحيوانات المجمعة من كل زوجـــين اثـــين، إنما افترض أنك تعرف هذا كلـــه. وطبيعي أن الفكرة الأساســـية هنا هي أنك إذا لم تكن تعرف فلـــن تكون لديك أي فكرة عن موضوع رســـم الكارتون. وعلى الرغم من أن فهم رســـم الكارتون قد يبدو عاديا فإن كل اتصال، ســـواء كان عاديـــا أو مبتذلا أو جادا، يتضمن النوع نفسه من الافتراضات التي يتأسس عليها. وإذا كان الحديث عن شيء مثل قضية سياســـية معاصرة بدلا من رســـم الكارتون، فإن عدم فهم الموضوع قد تترتب عليه نتائج خطيرة، ســـواء بالنســـبة إلى الفرد أو بالنســـبة إلى المجتمع ككل.

ورغبة مني في التأكيـــد على حقيقة مؤداها أنني أقدم زعما تجريبيا معيشـــا، ليســـمح لي القـــارئ بأن أقص عليـــه تجربة عشـــتها منذ عدة ســـنوات. شغلت ســـنوات طويلة منصب مستشـــار علمي ومحرر مشارك لمجلة ســـميثونيان ماغازين، وهي صحيفة تصل إلى أيدي عدة ملايين من الأمريكيين ذوي المســـتوى التعليمي الرفيع. وحـــدث ذات يوم، بينما كنت أتنـــاول طعام الغداء مع أعضاء هيئـــة التحرير، أن قررت أن أجري معهم تجربة صغيرة.

سألتهم: هل لي أن أستخدم مصطلح «الانطباعية» من دون تفسيره للقراء؟

– طبعا، بكل تأكيد، إنهم يقينا يعرفون معناه.

– وهو كذلك، وماذا عن «التعبيرية التجريدية»؟

– لا، لا، يجب تفسيرها.

أو لنقل بعبارة أخرى، كان هناك خط فاصل واضح في عقولهم بين ما هو معروف مسبقا لدى قرائهم وما يتعين بيانه لهم. وحرصت منذ ذلك الوقت على أن أجري هذا التمرين نفسه مع جميع الناس على اختلاف مشاربهم ممن يشاركون في الاتصال بالجماهير، ناشرين وكتابا ومذيعين وغيرهم. ووجدت أن كلا منهم لديه الخط الفاصل ذاته في عقولهم. وتبين لي أن بعضا من رصيدهم الذهني يمثل، بلغتي الخاصة، فهما واضحا لحدود المعارف الأساسية للثقافة.

وطبيعي أن هذه الحدود يمكن أن تختلف بدرجة ما من صحيفة إلى أخرى، لكن الاختلاف ليس كبيرا جدا. وحري أن أشير إلى أن إحدى وسائلي المفضلة لتوضيح هذه الفكرة أن أشير إلى مقال ظهر في صفحات الرياضة من صحيفة «يو إس إيه توداي»، وهو المكان الذي قد لا يتوقع أكثرنا أن يجد لدى قرائه مستويات عالية من المعارف الأساسية الثقافية، ويعرض المقال مشادة حدثت في أثناء لعبة الهوكي، وبدأ الشجار بجملة تقول: «عندما يلتقي هؤلاء الرجال في ساحة التحدي فلن يكون الأمر شأن جلوس سقراط وأفلاطون ليتحدثا تحت ظل شجرة». هكذا كانت بالنص. ولم يأت ذكر الإغريق أو الفلسفة أو عصر أثينا الذهبي. وافترض الكاتب ومحرروه أن الإشارة هنا سوف تستحضر إلى الذهن صورا لفلاسفة ملتحين في لباس روماني فضفاض، يعمدون في هدوء وسلام إلى استكشاف الجوانب المعقدة لموضوعات فكرية تخص الصفوة من أهل الفكر. وافترضوا كذلك أن العبارة لها جاذبيتها النابعة من التقابل بين هذه الصور وحال الرجال الذين يتبادلون الضربات القوية في ساحة اللعب.

جدير بالذكر أن مدخلي إلى مفهوم المعارف الأولية الثقافية جاء عبر أسلوب غريب. ذلك أنني حين كنت جالسا في مكتبي في جامعة فرجينيا جاءتني مكالمة هاتفية من زميلي إي. دون هيرش. وكان دون أستاذا للغة الإنجليزية وقضى شوطا كبيرا في تطوير المفاهيم الأساسية النظرية لمجال تخصصه. وهاهنا وجد نفسه وصل إلى نقطة يريد عندها الإفصاح صراحة عن المحتوى. قصد مكتب العميد يسأله دعما للمشروع، وسأله العميد سؤالا بسيطا: «هل يشاركك في هذا أي من العلماء؟» وساقه السؤال

إلى المكالمة الهاتفية. وكان رد فعلي الأولي وفق ما عرض «دون» أفكاره لي أن قلت: «إيه، هذا مشـروع محكم دقيق. حري أن نتمكن من إنجازه ونحن نحتسي ذات مساء زجاجتين من شـراب البيرة». وهأنذا الآن أراني وبعد عشرين عاما من التطوير والدراسة الجادة أتساءل في دهشة أحيانا، ماذا كنت سأفعل لو أنني عرفت كيف كان سيتطور المشروع ويكبر.

علـى أي حال، أضاف دون إلينا جو كيت، المؤرخ البارز، وانبرينا ثلاثتنا للإجابة عن سؤال بسيط: إذا افترضنا أن ثمة - حقيقة - جملة من المعارف التي تمثل المعارف الأولية الثقافية الأمريكية في الثمانينيات (آنذاك)، فما تلـك المعارف تحديدا التي تشـملها هذه البنية؟ وتبين لنـا في النهاية أن الدفاع النظري المجرد عن شيء ما مثل مفهوم المعارف الأساسية الثقافية هو أمر مغاير ومختلف عن أن يكون عندي شـيء واضح أشير إليه، وأزعم أنه الشيء الذي يتعين أن يعرفه كل امرئ على السواء.

كان أول شـيء أدركنـاه هو أن المعارف الأولية الثقافية ليسـت مجرد مجموعـة من الحقائق (وهي شـكوى متكررة ضدنا). إنهـا مزيج متنافر من الأشـياء، حقائق وأفكار وارتباطـات وصور. ووصل بي الأمر إلى أنني تصورتها أشبه بنوع من العناصر المركبة التي تؤلف معا مجموعة المعارف، حيث تتوحد وتتكامل فيها أفكار ومفاهيم جديدة.

وشرعت أيضا في التفكير في المعارف الأولية الثقافية (والمجال الفرعي للمعارف الأولية العلمية) باعتبارها شيئا يشبه كود أو شفرة البناء للمنظومة التعليمية. إنك إذا نظرت إلى كود البناء في مجتمعك فستجد قوائم طويلة مـن القواعد والقوانـين، مثال ذلك أنك إذا كنت تريـد نافذة بحجم معين في هذا الجدار فإن العارضة الخشـبية فوقها ستكون بالحجم نفسه. وإذا أردت مقبسـا للتيار الكهربائي في هذا الموضع تحديدا، فإنه يتعين توصيل الأسـلاك بطريقة معينة، وهكـذا. معنى هذا أن كود البنـاء يحدد المعيار الأدنى للمباني، ولا يمكن بناء أي شيء في المجتمع من دون هذا المعيار.

وسـوف أؤكد بالأسلوب نفسه، أن ليس لامرئ أن يكمل نظام التعليم الأمريكـي من دون تحصيـل عناصر المعـارف التي تحددهـا المبادئ الأساسـية الثقافيـة. لكن مثلما يسـتطيع الناس (وغالبـا ما يفعلون)

تشـــييد أبنية تتجاوز كود البناء المحلي، فإننا لا نرى ســـببا يبرر توقف التعليم عند اســـتيفاء عناصر المعارف الأساسية للثقافة. وأراني أتوقع، خصوصا على مســـتوى الجماعة، أن تواصل مهارات المســـتوى الأعلى عملية التعلم. ووفق هذا المخطط تصبح المعارف الأساسية الثقافية هي القاعدة والأساس اللذين ينبني عليهما كل ما عدا ذلك من عملية التعلم عند الشخص.

وأود أن أوضح أهمية المعارف الأولية الثقافية بمثال أقتبسه من هيرش. لنفكر معا في النص التالي:

> **عليك أولا وضع الأشـياء في أكوام. قد يكون لديك أكثر من واحد. ويتوقف الأمر هنا على العدد الذي يتعين عليك تجهيزه. ثم يجب عليك تهيئة المعدات، لا يكاد يتم كل ذلك حتى يكون كل شيء على ما يرام.**

إذا كنت مثلي في الحال نفســـها التي كنت عليها وقت أن صادفت هذا النص فســـوف يواتيك على الأرجح شعور بالحيرة الذهنية، ترى أي شيء فـــي هذا العالم يحدثنا عنه؟ يبدو الأمر كله بلا معنى. ولكن دعني أزودك بعناصر المعـــارف اللازمة لك لفهم هذا النص: أتخيـــل عنوانا للنص مثل «إعداد الغسيل»، ذلك الفهم المفاجئ الذي يواتيك هنا يؤكد أهمية المعارف الثقافية الأساسية أكثر من أي حجة أخرى أسوقها.

ويوجد، كما تبين لنا، قدر كبير من البحوث في علم نفس التعلم تدعم فكـــرة أن الناس تتعلم على نحو أفضـــل، عندما تكون بمقدورهم ملاءمة معلومات جديـــدة مع العناصر الموجودة من المعـــارف. وحقيقة الأمر أن هذه الخاصية المميزة للعقل البشـــري هي التي سعى دون هيرش إلى أن يستعيدها إلى الذاكرة بينما كان مستغرقا في سرد ذكرياته عن اكتشافه للمعـــارف الأولية الثقافيـــة. إذ كان يبحث عن الدور الـــذي يمكن له أن يســـميه «النحو الجيد» good grammar عندما أعطى مجموعات منتقاة من الطـــلاب نصوصا مكتوبة بلغة إنجليزية رديئـــة وجيدة، ثم اختبرهم بعد ذلك ليعرف عاملي الســـرعة والفهم. وطبيعـــي أن يتوقع القارئ أنه قـــد تبين له أن الطـــلاب أجادوا على نحو أفضل مـــع النصوص المكتوبة

بإنجليزية جيدة. بيد أنه أصيب بصدمة في كلية حكومية في ريتشـمـوند في فيرجينيا، حين وجد أن أحدا من الطلاب لم يحقق إنجازا جيدا جدا مـع النصوص بغض النظـر عن مدى جودة اللغـة الإنجليزية لأي منها. وتضمن النص تفاعلا بين سـتونوول جاكسون وجيفرسون ديفيز، ولحظ عندما أجرى لقاء مع الطلاب أن أحدا منهم لا يعرف هذين الشخصين. ولنـا أن نقول، تأسيسـا على المثال السـابق، إنهم لا يعرفون شـيئا عن عناصر المهمة، مما جعل من العسـير عليهم فهم الفقرة التي طلب منهم الباحث قراءتها.

جديـر بالذكر أن كتاب هيرش «المعارف الأولية الثقافية» تضمن وقت صـدوره - العام 1987 - حـوارا طويلا عـن الأدب الذائع الذي يدعم فكـرة أن من لديهم إحاطة جيدة بالمكونات الأساسـية للمعرفة يتفوقون فـي تحصيلهم التعليمي على من هم دونهـم إحاطة. ولعل ما يثير جدلا أكثر هـو أن الكتاب تضمن أيضا قائمة بالمصطلحات التي تصورنا، وفق تفكيرنـا، أنها تمثل الحد الأدنى من المعـارف التي يتعين توافرها للأداء الجيـد داخل المجتمع الأمريكي. وأصدر بعـد ذلك كل من هيرش وكيت وتريفيل «قاموس المعارف الأولية الثقافية»، الذي تضمن قائمة موسعة مع تعريفات وبيان للروابط المشـتركة. والملاحظ أن كلا الكتابين حققا نتائج جيـدة منذ أن فرغنا منهما على الرغم مـن أننا اضطررنا إلى الاتصال بأكثر من 20 ناشـرا قبل أن نجد ناشرا واتته الشجاعة اللازمة ليوافقنا الرأي ويقبل التحدي. وأشـعر بالدهشـة (والامتنان) دائما كلما خطوت داخـل مكتب مـا لأرى «القاموس» قابعا فوق رف، وقـد بدا واضحا أن كثيرين قد تفحصوه.

ولم تكد أفكارنا تذيـع وتصبح معروفة للجميع حتى حدث ما توقعناه، وهو أن الصحافة الأكاديمية أثارت اعتراضات جادة ضد مجمل مشـروع المعـارف الأولية الثقافية. وكثيرا ما صادفتني هذه الاعتراضات منذ ذلك الحين حتى أصبحت أتناولها وأعالجها بشكل عادي في محاضراتي، بدلا مـن أن أنتظر إلى حين إثارتها ضدي في أثنـاء جدال. وأعرض فيما يلي الاعتراضات الثلاثة الرئيسية وإجاباتي عليها.

ألا تختص المعارف الأولية الثقافية بتذكر الوقائع فقط؟

كما أسلفت سابقا تتضمن بنية المعارف المسماة المعارف الأولية الثقافية مـا يتجاوز كثيرا الحقائق التي تشـملها. نعم، إنها تتضمن حقائق بطبيعة الحال، لكنها تشتمل أيضا على مفاهيم وتعميمات ومبادئ أساسية وروابط وقوانين. لكن لنفترض أنها ليسـت كذلك، أي لنفترض أنها مجرد مسألة تذكر فقط لكم كبير من الحقائق. هل في هذا ما يخيفنا؟

عندما كنت صبيا أشـب وأترعرع وسط ضاحية عمالية في شيكاغو، اعتاد الأطفال لعب لعبة اسمها كرة الحي. كانوا يلعبونها مستخدمين عصا البيسـبول وكرات التنـس. وكانت الفكرة أن يختـار كل طفل فريقا قوميا ليمثلـه (لقد شـببت في حي من المدينة ورثنا فيـه فريق الكبس والدوري القومـي) ويتعين على الصبي الذي يتجه ليضرب بالعصا أن ينتحي جانبا وراء فريقـه الذي يمثله ويضرب بيده اليمنى أو اليسـرى وفق براعته في اسـتخدام يديه. وهكـذا كان كل صبي، وفق ما هـو متوقع، يعرف ترتيبه داخل الفرق القومية، ويعرف إن كان اللاعب أيمن أم أعسـر في استخدام يديـه. وطبيعي أن تذكر هـذه القوائم لم يكن عملا صعبا، بل هو جزء من حياتنا في ضاحيتنا والذي تحقق استيعابه بالمعايشة المشتركة.

والفكرة هنا أن الصبية سيتذكرون بطبيعة الحال كل ما يتعلق باللعبة وفريق اللعب على اختلاف أشـكاله وترتيب كل منهم في اللعب، وأشـكال السيارات وحياة نجوم السينما... إلخ. ترى ما الخطأ في استيعاب هذه المهارة مما يجعل بالإمكان تذكر شـيء مفيد؟ إن قليلا من القدرة علـى التذكر لن يضر أحدا، شريطة ألا يهبط مستوى العملية إلى حد ممارسة تعلم من دون فهم.

وأقول، من باب التسجيل، إنني لا أتذكر مرة واحدة خلال عملي احتجت فيها إلى معرفة ترتيب اللعب لأي فريق قومي، سواء في الخمسينيات أو بعد ذلك.

ألا يغفل هذا الطبيعة التعددية للمجتمع الأمريكي؟

ليسـمح لي القارئ بأن أسـتخدم مثالا من أحداث طفولتي لمناقشة هذه الفكرة. شببت في ضاحية متعددة الأعراق، حيث للمرء أن يسمع في طرقاتها الحديث بالتشيكية وبالإنجليزية على السواء. واعتدت الذهاب في النهار إلى

مدرسـة عامة، حيث تعلمت هناك بالإنجليزية عما سـميته المعارف الأولية الثقافيـة الأمريكية. بيد أننـي اعتدت أن أذهب مرتين بعـد الظهر من كل أسـبوع إلى بناية مختلفة تقع في ناحية مختلفة من المدينة، حيث أتعلم بلغة مختلفة أشياء عن الثقافة التشيكية والمورافية التي هي إرثي الشخصي.

أعطتني هذه الخبرة رؤيـة واضحة عن أمريكا ذات الثقافات المتعددة. وأصبحت أتصور البلد وكأنه تجمُّع من بيوت بنيت بنيت فوق ساحة مشاع مترامية الأطـراف. وتصورت كأن لكل بيت فنـاءه الخلفي، وأن اللغة في بعض هذه الأفنيـة مثل فناء بيتي، يمكن أن تكون أي شـيء غيـر الإنجليزية. ومن ثم فإن هذا الفناء الخلفي هو مقصدك حيث تعايش من هم مثلك. وإذا شئت التحدث إلى بعض من يعيشون في الأفنية الأخرى - ناس على غير شاكلتك - فإن عليك الخروج إلى السـاحة المشـاع المشـتركة. إذ هذه هي الساحة التـي يتواصل فيها جميع الأمريكيين، وإن هذا النوع من التواصل يسـتلزم قاعدة من المعارف المشتركة. وهذه هي المعارف التي سميتها المعارف الأولية الثقافيـة. ووفق هذا المعنى، فـإن المعارف الأولية الثقافية هي كل ما يتعلق بما هو مشترك مع الإحاطة السطحية بما يتعلق بالأفنية الخلفية.

وإذا ما تصور القارئ صورة مجتمع متعدد الثقافات مثل المجتمع الذي رسـمت صورته فيما سـلف، فإنه سـرعان ما يدرك أنه من دون المعارف الأولية الثقافية المشـتركة التـي تربط بين مكوناته المختلفة فإنه سـوف يتفكك حتما. إذ هنا سـيفقد الناس ممن يقطنون في الأفنية المختلفة أي وسـيلة للتحدث بعضهم مع بعض. وعنـدي أن المعلمين والباحثين عمدوا علـى مدى عقود طويلة مضت إلى تركيز انتباههم على الأفنية وأغفلوا ما هو مشترك. ومن ثم فإن الانتباه إلى المعارف الأولية الثقافية والعلمية هو محاولة لتعويض وإصلاح ما أغفلناه سابقا.

ألا تتغير المعارف الأولية الثقافية بتغير الزمان والمكان؟

نعـم، تثار هذه القضية عادة للدفع باسـتحالة التحديـد الفعلي لمحتوى المعـارف الأوليـة الثقافية، حتى وإن سـلمنا بحقيقة وجودهـا. وتوجد الآن لحسـن الحظ بشـأن هذه القضية معلومات متراكمـة، يمكنها أن تنقلنا إلى

إجابات كمية عن الأسـئلة المتعلقة بالتغيرات الزمانية والجغرافية. والمعروف أن «قامــوس المعارف الأولية الثقافية» صدرت طبعته الأولى في العام 1988، ونحــن الآن بصدد إصدار الطبعة الثالثة. وصـــدرت الطبعة الثانية في العام 1993. وحفزت إلى إصدارها التغيرات السياســية الواســعة المقترنة بانهيار الإمبراطورية السوفييتية. إذ فجأة أصبح من الأهمية البالغة كمثال أن نعرف أين تقع كازاخســتان. وصدرت الطبعة الثالثة فـــي العام 2002، وحفز إليها بشكل أساسي الانفجار الذي شهدته تكنولوجيا المعلومات والبيولوجيا الجزيئية في التســعينيات من القرن العشرين. معنى هذا أنه أصبح من المتعين إضافة مصطلحات جديدة مثل الاستنساخ والخلية الجذعية وصفحة الويب.

وهاقد أصبح لدينا، بفضل هذا التاريخ، سجلا طويلا عن تطور المعارف الأولية الثقافية. ويبدو في الأســاس أنه يتغيــر بمعدل يكاد لا يقل عن 1 في المائة ســنويا - وهو المعدل نفسه لتراكم التغيرات في اللغة الإنجليزية نفســها - وهكذا فإن متابعة المعــارف الأولية الثقافيــة ليس أصعب من ملاحقة التغيرات الحتمية التي يشهدها قاموس عادي.

وأذكر بهذه المناســبة أن خبرتي عن المشاركة في هذه المراجعات هيأت لي رؤية نافذة بشأن الاعتراض الأول الذي أثاره البعض، أعني الاعتراض الذي يثير مسألة «الواقع». جدير بالإشارة هنا أن ما أذهلني أنني اكتشفت أن عددا من المدخلات أي مفردات أقســام العلم، تتعين مراجعتها بســبب الأحــداث التي شــهدتها الإمبراطورية الســوفييتية الســابقة. مثال ذلك مصطلح قمــر أو تابع - قمر اصطناعي، في مدخل علم الفلك، إذ وجدنا إحالــة تقاطعيــة cross reference إلى الأمم التابعــة، أي الدائرة في الفلك من بلدان شرق ووسط أوروبا. (ولتوضيح الأمر للقراء الشباب أقول إن هذه المجموعة من الأقطار نشــير إليها الآن بعبــارة أوروبا الجديدة). وأصبح لزاما إسقاط هذه الإحالة التقاطعية. وهذا مثال جيد عن الطبيعة المتداخلة للمعارف في بنية المعارف الأولية الثقافية.

ونظــرا إلى تباين المعارف الأولية الثقافية من بلد إلى آخر، لذلك نجد أن هناك أيضا معلومات في القاموس يمكن تغييرها لتواكب الأحداث بعد أن تُرجم القاموس إلى عدد من اللغات الأجنبية. ويعمد الناشرون، لإنجاز

هـــذه العملية، إلى تشـــكيل فريق عملي من الباحثـــين لجعل النص ملائما للقراء. وتحققت نتائج متميزة جدا وفق ما توقعنا. لقد ظلت أقســـام العلم من دون تغيير كبير (إذ إن العلم في النهاية لا يحترم الحدود القومية) هذا بينما أقســـام الأدب والتاريخ صادفت قدرا مـــن التعديل. وأذكر كمثال أن الطبعة الســـويدية من القاموس تضمنت مفردة مشروحة عن غوستافوس أدولفوس، ولم تتضمن جون آدمز.

وهكـــذا لي أن أقول في الختام، مع قـــدر من الثقة، أن المعارف الأولية الثقافيـــة تتغير حقا مـــع الزمن، ومن مكان إلى مـــكان لكنها تتغير بطرق ووسائل يمكن التنبؤ بها والتحكم فيها.

المعارف الأولية العلمية

إحدى الســـبل للنظر إلى ألف باء المعرفـــة العلمية هي القول إنها جزء من ألف باء الثقافة والمتعلق بالعلم والتكنولوجيا. وإذ نقول ذلك يصبح من المتعـــين أن نقر بوجود فارق طفيف بين هذين النوعين من المعارف الأولية. وتتبنى دراســـة ألف باء المعرفة الثقافية علـــى فكرة مفادها بأن المواطنين بحاجة إلى معرفة أشـــياء معينة، لأن آخرين ســـيقولون إنهم على علم بها. بيد أننا حين نتجه إلى ألف باء المعارف العلمية فإن دراســـتنا سوف يطرأ عليهـــا بعض التغيرات. ونحن لانـــزال هنا نتحدث عن المعارف التي يحتاج إليها الناس، ولكن ســـبب الحاجة إليها هنا مختلف. إننا حين نتحدث عن المعارف العلمية التي يتضمنها الإطار المعرفي المنشود نجد لزاما أن نسأل: ما المعارف التي يحتاج إليها الناس لكي يتمكنوا من المشـــاركة في مختلف أشكال الحوارات التي سوف تشـــملهم كمواطنين. ونلحظ هنا أن الحاجة إلـــى المعرفة لاتزال هي الحجة الأساســـية، لكن ســـبب تلك الحجة يطرأ عليـــه تحول طفيف مع انتقالنا من الإنســـانيات والعلـــوم الاجتماعية إلى العلـــوم الطبيعية. ويبدو واضحا أن الحجة فـــي الحالة الأولى تتبنى على واقع عملي هو أن الناس ســـتكون لديهم افتراضاتهم بشأن ما تعرفه أنت. لكن الأمر في الحالة الأخرى يتعلق بمسائل من نوع خاص من شأنها على الأرجح أن تظهر مؤثرة في حياة المرء.

وتأسيسا على هذه الحقيقة، نجد أن بوسعنا البدء بوضع تعريف يحدد معنـــى ألف باء المعارف العلمية. إن ما يحتاج الناس إلى معرفته عن الكون الذي نعيش فيه هو المبادئ الأساسية التي يعمل بمقتضاها. واعتدت كثيرا في أثناء تدريســـي أن أدعم محاولتي لغــرس وتلقين هذه المبادئ، أن أزود طلابي بمجموعة من أسطوانات «دي في دي» المتضمنة لموضوعات ذهنية، والتي تفســر كل منها جانبا من جوانب العالم من حولنا. مثال ذلك أنه إذا حــدث أن صادف أحد الطلاب مــادة إخبارية عن الخلايا الجذعية، فإنه يســتخرج أســطوانة الـ «دي في دي» التي تحمل عنوان «خلايا» ويتصفح القسم الخاص بالنمو وتجليات الجين. وهكذا تتوافر لدى الطالب الخلفية العلمية اللازمة لفهم ما يتعلق بالمادة الإخبارية. معنى هذا عمليا أن الطالب أو الطالبة عرف مفتاح «قوائم وبنود المســألة» التي استخدمناها لتوضيح مفهوم ألف باء الثقافة، أو المعارف الأولية الثقافية.

يقودنا هذا إلى تعريف عام لمعنى ألف باء المعارف العلمية:

المعـارف الأوليــة العلمية هي الإطـار المعرفي اللازم لكي يتوافــر للمــرء فهم كافٍ عـن الكون، بحيث يمكنــه التعامل مع القضايا التي تعرض لنا في حياتنا، ســواء عبر الأخبار أو في غيرها.

وليسمح لي القارئ بأن أتوسع في هذا التعريف في ضوء مثال أقدمه. إنني وأنا أســطر هذا الكتــاب يعود الجدل ليحتدم ثانية بشــأن موضوع الخلايا الجذعية. وحري أن أشــير إلى أن هذا الجدل، كما سوف أوضح في الفصل 3، ليس متعلقا أولا وأساســا ولا حتى في الغالب الأعم بالعلم، بل يتضمن الطريقة التي ينظر بها الناس إلى قيمة الحياة البشــرية، وكذا الإجابة عن الســؤال: متى يكتســب الحميل أو الجنين صفة وقيمة الكائن الحي. لكن الفكرة الأساسية هنا هي أن القارئ إذا لم يكن يعرف ما الخلية الجذعية أو لا يفهم لماذا قد نحتاج إلى استخلاصها من خلايا الأجنة، فإنه ببســاطة لن يستوعب موضوع الجدل، ولن يشــارك في فهم ما يدور. إن القارئ في هذه الحال ســيكون، عمليا، أشبه بمن يقرأ النص الذي أسلفنا ذكره ولا يعرف شــيئا عن بنود عملية الغســل. وأدعو القارئ إلى تناول أي

جدل دائر آخر - مثل الاحتباس الحراري والأنواع المهددة بالانقراض واستخدام المبيدات - وسوف يتضح له أن أي شخص سيكون بحاجة إلى خلفية علمية محددة لكي يتسنى له المشاركة الجدية والواضحة في الحوار القومي بشأن المسألة.

وطبيعي أن هناك، كما سوف أبين في الفصول التالية، أسبابا أخرى تبرر الحاجة إلى توافر الإطار الثقافي الذي نتحدث عنه، بيد أنه سيفيد كتعريف أولي. إن المحتوى الفعلي للمعارف الأولية العلمية (والذي يمكن أن نسميه تعريفا إجرائيا) يمكن تحديده بعدد من الوسائل. مثال ذلك أنني في الفصل 12 أضع خطوطا عامة لتعليم المعارف الأساسية العلمية تأسيسا على المبادئ الأساسية الكبرى التي تربط الرؤية العلمية للعالم بعضها ببعض في بنية واحدة. ويمكن للمرء، في المقابل، أن يتحول إلى «قاموس المعارف الأولية الثقافية» الذي يشتمل على قائمة تفصيلية للمفاهيم ذات الصلة بالمعارف الأساسية العلمية منشورة في 134 صفحة. بيد أننا عند هذه النقطة لسنا في حاجة إلى النزول لهذا المستوى من التخصيص.

ونحن حين ننتقل من تعريف نظري كهذا إلى المشكلات العملية التي تتضمنها عملية تعليم المعارف الأولية العلمية نجد أنفسنا داخل موقف كلاسيكي من «الأخبار الطيبة والأخبار السيئة». ونجد من الأخبار الطيبة، على عكس الحال في المباحث العلمية الأخرى، قلة الاختلاف في الرأي إلى حد كبير جدا بين العلماء بشأن ما يؤلف لب مبحثهم العلمي. مثال ذلك أنك ستبذل جهدا شاقا بحثا عمن يدفع بأن قوانين الحركة عند نيوتن أو قوانين الديناميكا الحرارية لا تمثل جزءا محوريا لفهم الكون. وهنا يحظى معلمو العلم بميزة تميزهم على غيرهم من معلمي الأدب الإنجليزي كمثال، حيث يمكن أن نشهد معارك لا نهاية لها بشأن تحديد أي الأعمال الروائية تندرج تحت قاعدة ما وأيها يخرج عنها.

لكن ثمة أخبارا سيئة، ويشهد عليها واقع أن مجالات أخرى في المقررات الدراسية أخفقت في تخريج مواطن على حظ وافر من المعارف الثقافية. كما نجد أن العلوم فعلت ما هو أسوأ. وليسمح لي القارئ بالعودة إلى

خبرة أخرى من خبراتي مع مجلة سميثونيان لتوضيح هذه النقطة. اعتادت المجلة - كما ذكرت - مخاطبة مستوى رفيع من الجمهور المتعلم. ومع هذا لـم يراودني حلم أن أسـتخدم كلمة مثل «بروتون» في مجلة سـميثونيان مـن دون كتابة توضيح لهـا. واعتدت دائما أن أكتـب «البروتون هو أحد الجسيمات التي تؤلف نواة الذرة...».

وأنا أسمي هذا النهج العبارة الوصفية الحاسمة، لأنها تكشف للقراء عـن اعتقادي أنهم لا يعرفون معنى الكلمـة، ومن ثم فإنهم بحاجة إلى مسـاعدتي لفهم ما يجري. وأعتقد أن إحدى السـبل لمعرفة ما إذا كان كاتب ما يرى أن مصطلحا بذاته يمثل جزءا من المعارف الأولية الثقافية أم لا هـو أن نتبـين ما إذا كان الكاتب اعتاد أن يقـرن المصطلح بعبارة وصفية حاسمة أم لا. (وأقول هنا من باب التسجيل أن زوجتي اعتادت أن تقول لي إن المصطلح العلمي لمثل هذه العبارة هو كلمة البدل).

وطبيعـي أن بؤس حالة المعارف العامة عن العلم له تأثيراته المهمة في تعريف المعارف الأولية العلمية. ذلك لأنه يستلزم منا أن نكون أكثر التزاما بالنص هنا عما هي الحال، كمثال في مناقشة الأدب الإنجليزي. وإذا كان لزاما تعريف المعارف الأولية العلمية في حدود ما يحتاج الناس إلى معرفته لفهم عالمهم، فلن يكون الأمر مجرد سرد قائمة بسيطة بالمفردات التي لنا أن نشـخصها كمعارف مشتركة. لكن، على العكس، سيكون نتاج تداول في الـرأي بين أفضل العلماء والمعلمين لمعرفة مـا حقيقة المعارف التي يحتاج إليهـا الناس عند التعامل مع العلـم والتكنولوجيا بحكم ما لهما من تأثير في حياة المرء.

كمـا أثار بعض الأكاديميـين اعتراضات ضد مفهـوم المعارف الأولية الثقافية، نحسـب أن هـذا النهج في تعلم العلم الـذي يؤكد على المعارف الأولية العلمية سوف يثير حفيظة علماء كثيرين. وسوف أناقش في الفصل العاشر الأهداف المختلفة التي أوضحناها لتعليم العلم في المدارس، وسوف أعرض - بالتفصيل - قضيتي بالنسـبة إلـى المعارف الأولية العلمية. بيد أنني في هذه المناقشـة الاستهلالية سوف أقتصر على بيان عدد قليل من الأمور التي ليست من المعارف الأولية العلمية، ولا تدخل ضمنها.

إنها لا تتعلق بالرياضيات

الرياضيات هي لغة العلم الطبيعية. وليس من قبيل المصادفة التاريخية أن كان لزاما، أن ننتظر أول نظرة علمية حديثة عن الكون إلى حين أن ابتكر كل من إســحق نيوتن وغوتفريد ليبنيتس حساب التفاضل والتكامل. ولعل القارئ لن يفاجئه قولي إنني كعالم فيزياء نظرية سوف ألتزم هذه النظرة. ولكن حتى لو كان الباحث عالم إحاثيات اعتاد تحمل المشاق ليتصبب عرقا وتتسخ يداه من أعمال الحفر فإنه سوف يستخدم تقنيات رياضية متقدمة لتحليل بياناته. إن العلم في نهاية المطاف علم كمّي، وتمثل الرياضيات لغته الطبيعية للتعبير عن التقديرات الكمية. وهذا هو كل ما في الأمر.

لكن هــذا لا يعني أن النــاس بحاجة إلى امتــلاك ناصية الصياغات الرياضيـــة للعلوم لكي نمحو أميتهم العلمية. إن من أهم الأســرار المكنونة في العالم حقيقة أن أفكار العلم الأساســية هي أفكار شــديدة البساطة، ويمكن لأي امــرئ أن يفهمها من دون الرجوع إلى عبارات رياضية طنانة. والمعــروف أن الفكرة العامة (وإن لم تكن بالضرورة الفكرة الكمية الجامدة تماما) يمكن إدراكها والتعبير عنها عادة في جملة بســيطة. ولنأخذ كمثال قانون الحركة الثاني عند نيوتن. نعرف أن صيغته الرياضية هي $F = ma$ (القوة تساوي حاصل ضرب الكتلة في السرعة). وسوف أدفع بأن العبارة القائلة «كلما ازدادت قوة دفعك لشــيء ازدادت ســرعته» هي عبارة جيدة بمــا يكفي لتوضيح هذا القانون وفاء بغرض محو الأمية العلمية والإحاطة بالمعارف الأولية اللازمة في هذا الصدد.

إنني، لإنجاز هذه الفكرة، كثيرا ما أتحدث عما يدور في فكري بشــأن ما أفعله عند الكتابة عن العلم للجمهور. إن ما أفعله في ضوء ما يدور في فكري هو تناول سؤال باللغة الإنجليزية وأترجمه إلى رياضيات مستخدما القواعد المحددة بدقة وصرامة فيما يسمى «القواعد الأساسية» الرياضية للبحث عن الإجابة، ثم أعود في النهاية إلى ترجمة هذه الإجابة إلى اللغة الإنجليزية. وطبيعي أنني في غمرة هذه العملية أسقط من حسابي شرطا يقضي بأن يكون قارئي قادرا على التعامل مع الرياضيات لكي يتســنى له فهم الأفكار الأساسية عن العلم.

ويصبح هذا التناظر، وبشكل عرضي، مفيدا جدا حين يضطر المرء إلى تفسير أسباب العجز عن الإجابة عن أسئلة لا يمكن ترجمتها إلى رياضيات بينما هي ذات معنى مفيد بالإنجليزية. وخير مثال على ذلك سؤال مثل «ماذا حدث قبل الانفجار العظيم؟» وهذا سؤال يتكرر كثيرا. ويرجع العجز عن الإجابة إلى واقع محدد هو أن عبارة «قبل الانفجار العظيم» ليست مفهوما يمكن ترجمته إلى رياضيات. ويعادل هذا السؤال سؤالنا: «ماذا يوجد شمال القطب الشمالي؟»، والمشكلة هنا ليست أنه لا يوجد شيء شمال القطب الشمالي، لكن المشكلة أنه لا يوجد شيء محدد تماما شمال القطب الشمالي.

ويعترض البعض على تجنب الرياضيات بهذه الطريقة تأسيسا على أننا لكي نفهم العلم فهما حقيقيا يلزمنا الاعتماد على الرياضيات. بيد أن بالإمكان أن نسوق حجة مناظرة تقول إن المرء لكي يفهم تولستوي فهما حقيقيا يلزمه أن يقرأه بالروسية، وكذا لكي يفهم هوميروس يلزمه أن يقرأه باليونانية القديمة. وهذه عبارات وأحكام صادقة، لكن هل ثمة سبب يبرر حرمان الطلاب من قراءة أعمال مثل «الحرب والسلام» أو «الإلياذة» مترجمة؟ أعتقد أنه لا سبب يبرر ذلك. وسوف أؤكد أنه لا يوجد سبب يدعونا إلى أن نحرم الطلاب من فهم الكون، حتى وإن ترجمنا هذا الفهم من لغة الرياضيات إلى الإنجليزية. ونحن إذا لم نفعل ذلك فإننا سوف نخلق نوعا من الصرامة الزائفة، ومن ثم سوف نلحق بهم أذى كبيرا.

ولا يتعلق الأمر بالممارسة العملية للعلم

وعلى المنوال نفسه أرى أن الفكرة القائلة بأن الهدف الأوحد الصحيح لتعلم العلم هو القدرة على إنجاز العلم عند مستوى ما هي فكرة مضللة. وسوف أناقش مشكلاتي مع هذه الفكرة بتفصيل أكثر فيما بعد. لكن ليسمح لي القارئ الآن بأن أحاجج عن طريق المماثلة والمناظرة مع مجال آخر، أعني مجال فنون المسرح والسينما.

أذكر وقتما كنت طالبا أن بعض المقررات الدراسية التي درستها وأفادتني إفادة جمة كانت لها أسماء، مثل التقييم الموسيقي ومدخل إلى الفن والعمارة. وأضافت هذه المقررات الدراسية إلى حياتي الشيء الكثير

بمــا لا يقاس. ولم تقتصــر الفائدة على مجرد منحي قــدرة على التقييم الأعمــق لموضوعاتها، بــل وأيضا عززت عندي فكرة أن الموســيقى والفن أضحيــا جزءا من حياتي على الرغم من واقع الأمر من أن مســتقبلي هو العلم. وعلى الرغم من أنني سليل بيت يعلي من قيمة الموسيقى الكلاسيكية فإن هذه المقررات الدراســية التي أُسست على قاعدة من تجارب طفولتي وأكســبت تجارب حياتي نوعا من إطار العمل الذهني ما كان له أن يتحقق لولاهــا. وطبيعي أن هــذا كان يقينا الفكرة المســتهدفة من هذا النوع من البرامج التعليمية.

والشــيء الأهــم أنه لم يحدث، ولــو لمرة واحدة، على مدى الســنوات الطوال التي شــاركت خلالها في هذا النوع من البرامج الدراسية أن طلب مني شــخص مــا أن أعزف على آلة موســيقية، أو أن أؤلــف معزوفة أو أن أرســم لوحة. كان المعلمــون يدركون أن هدفهم هو مســاعدة الطلاب مــن أمثالي على تعميق خبرتهم بالموســيقى والفن وليــس إبداع أي منها. وأحسب أن الالتزام بالموقف نفسه سيكون مفيدا عند التفكير في المعارف الأولية العلمية. ونعرف أن العلم، كما سوف أؤكد فيما بعد، قادر مثله مثل الموســيقى والفن على تعميق وإثراء حياتنا. ومن ثم لا معنى من أن نطالب الدارســين من الطلاب بأن يتعلموا تطبيق وممارســة العلم بغية تحصيل واكتســاب هذا التقييم، إذ إن هذا لا يختلف في شيء عن أن تطالبهم بأن يتعلموا عزف آلة الكمان قبل الاستماع إلى حفل سيمفوني.

ولا يتعلق بالكفاءة التقانية

عندمــا يصبح تعليــم العلم موضوعا لحوار عام، خصوصا في ســياق سياســي، نجد من أكثر العبارات المستخدمة شيوعا، عبارة تقول «لا أحد يعرف كيف نبرمج جهاز تســجيل الفيديو كاســيت». وثمة اعتقاد أن هذه العبارة توضح إلى أي مدى يكون الأمريكيون أميين علميا.

لكنني أود أن أختلف هنا. إن القدرة على برمجة جهاز تســجيل فيديو كاســيت، أو إصلاح ســيارة، أو فهم وظيفة جميع أزرار جهاز التشغيل من بعــد، يمكن أن تكون قدرة مفيدة في العصــر الحديث، لكن لا علاقة لها

البتة بالمعارف الأولية العلميــة. إن المعارف الأولية العلمية قيمتها ودورها فــي أن نفهم بنية الكون الذي نســكنه، وأن توفر لنا القــدرة على تطبيق تلك المعارف فــي حياة المرء. ويمكن أن تقترن أو لا تقترن بالمهارة التقانية اللازمة لتشغيل الأجهزة الإلكترونية. وتؤلف المهارات التقانية، شأنها شأن المهارات الرياضية، بنية من المعارف المستقلة عن المعارف الأولية العلمية.

عــلاوة على هذا أود أن أدفع بــأن لا معنى لمحاولة تضمين هذا النوع من المهارات في المقرر الدراســي كجزء من العلم. نحن على ســبيل المثال لا نعلّم دروسا في المعارف الأولية عن الهاتف، وذلك لسبب بسيط، هو أن تعلم تشغيل الهاتف أمر يكتســبه المرء خارج المقرر الدراسي. ونستطيع أن نجمع أطفالا، وهو ما يحدث فعلا، لتعليمهم كمبتدئين تشــغيل الحواســيب. بيد أنني أرى بإحساسي أنه حتى مهارة تشغيل الحاسوب أضحت أشبه بمهارة متوافرة لدى الجميع في مختلف الأقطار، حتى أننا ربما نستطيع القول بعد زمن قصير إن الطلاب (باســتثناءات قليلة واضحة) أضحوا على ألفة كبيرة مع الحواســيب شــأنهم مع الهواتف. ولكن باســتثناء تدريس مدخل عام للحوسبة، فإن تعليم المهارات الخاصة ببرمجة جهاز تســجيل الفيديو كاست لن يفيد كثيرا، لسبب بســيط، هو أن إيقاع التغير في مجال الإلكترونيات ســريع جدا بحيث إن أي شــيء يتعلمه الطلاب اليوم ســيغدو أمرا عقيما وباليا حال تخرجهم. وأؤكد لهذه الأســباب جميعا أن الكفاءة التقانية، على الرغم من أهميتها، لا تستحق الاهتمام الذي يجعلها جزءا من المقرر الدراسي.

وأقول، من باب التسجيل، إنني لم أتعلم قط كيف أبرمج جهاز الفيديو الخاص بي.



3

المعارف الأولية العلمية: برهان من حياة المواطنين

التقطْ أي صحيفة لأي يوم من الأيام، وسوف تجد على الأرجح قصة عن قضية عامة تتضمن حديثا عن العلم بشكل أو بآخر. قد تكون قصص اليوم عن احترار كوكب الأرض، وعن مستقبل الطاقة، واستخدام الخلايا الجذعية. ولكن لا أحد في وسعه التنبؤ بما سيكون عليه الحديث بعد عشر سنوات من الآن. بيد أننا قد نكون على يقين بأنه أيا كانت الموضوعات التي ستشغل الناس بعد عشر أو عشرين أو ثلاثين سنة... إلى آخر المدى، فسنجد بعضا منها على الأقل يستلزم توافر قدر من الفهم الأساسي للعلم. وهذا هو في كلمتين ما أسميه الحجة المستمدة من حياة المواطنين كتبرير للحاجة إلى توافر المعلومات الأولية العلمية.

«إن وفاء المرء بالتزاماته، بوصفه مواطنا، لن يكون بالأمر اليسير في المستقبل، وهي التزامات سيكون من المستحيل الوفاء بها من دون الإحاطة بالمعارف الأولية للعلم»

المؤلف

ولنتأمل معا الجدل الدائر بشأن الخلايا الجذعية مثالا لمشكلات المستقبل. نلحظ للأسف أن هذا الجدل في الولايات المتحدة تداخل مع قضية ربما تكون الأكثر إثارة واستعصاء على الحل على طول مشهدنا السياسي، وأعني بها مشكلة الإجهاض. وسبق لي أن عرضت وجهة نظري في هذا الشأن في كتاب شاركت في تأليفه مع صديقي وزميلي هارولد موروفيتس تحت عنوان «حقائق الحياة»، ولكن في إطار مناقشتنا موضوع الخلايا الجذعية ليس مهما أن تكون مؤيدا لحق الحياة أو مؤيدا لحق الاختيار. إن المرء إذا شاء أن يخلق رابطة جامعة بين آرائه عن الإجهاض والحوار الدائر عن الخلايا الجذعية فلابد أن يفهم أولا ما هي الخلايا الجذعية وكيف يجري استخلاصها. وإذا كان لي أن أضع معالم إطار المعارف اللازمة لفهم العلم الكامن وراء الجدل، فإنني سأضمن الإطار المعلومات التالية:

1 - مع انقسام خلايا الجنين المضغة، تصبح الخلايا متخصصة وعاجزة عن التحول إلى أي نوع من الخلايا مكتملة النمو.

2 - تظل الخلايا، حتى نحو ثمانية تقسيمات خلوية، محتفظة بقدرتها على النمو، وتتحول إلى أي خلية مكتملة النمو (وهذه خاصية تسمى القدرة على التكاثر المتنوع للخلية totipotence)، ومن ثم نسميها خلايا جذعية.

3 - أفضل وسيلة واعدة للحصول على خلايا جذعية هي أن نجمعها من خلايا الجنين المضغة، ومن ثم قتله في أثناء العملية.

ولي أن أؤكد هنا أن هذا هو الحد الأدنى للخلفية العلمية اللازمة لكي تسمح بالمشاركة في الحوار. ويمكن للمرء بعد أن تتوافر له هذه المعلومات أن يمضي قدما إلى الأجزاء غير العلمية من المناقشة. ومن ثم إن كان من أنصار الحفاظ على الحياة، ويؤمن بأن الخلية المخصبة الواحدة هي شخص بشري تتعين حمايته بقوة القانون فإن هذا يعني أن عملية تجميع الخلايا الجذعية هي في جوهرها جريمة قتل. وإذا كان لا يؤمن بأن مجموعة من بضع مئات من الخلايا بها دنا (DNA) بشري تعادل من حيث القيمة الأخلاقية إنسانا مكتمل النمو أو وليدا

حديث الولادة، إذن فإن المنافع الطبية التي سيجنيها المجتمع من البحث العلمي - وهي منافع حقيقية للبشر الموجودين على قيد الحياة - سوف تفـوق كثيرا جدا أي ضرر ناجم عـن قتل الجنين المضغة وما يمثله هذا من حياة محتملة.

ويمكن لكثيرين من العقلاء المخلصين أن يتبنوا أيا من هذين الموقفين. وطبيعـي أنه لا مجال هنا لحلول وسـط، فإما أن نجمع الخلايا الجذعية وإما لا على الإطلاق. وهذا هو السـبب في أنني قلت إنها مسـألة عصية على الحل. ولكن الفكرة الأساسية عندي هي أنه من دون فهم شيء ما عن أساسـيات بيولوجيا النمو فلن يستطيع المرء أن يشارك في الحوار. وليس من قبيل الحكمة والعقل أن يحكِّم المرء مشـاعره الأخلاقية، وذلك لسبب بسيط، وهو أنه لا يفهم ما يجري الحوار بشأنه.

وثمة وسـائل كثيرة لتعريف كلمة ديموقراطية، ولكنني أرى أن التعريف العلمي الأفضل هو القول: إن الناس الذين يتأثرون بقرار ما يجري اتخاذه داخـل نظام ديموقراطي لهم كلمة مسـموعة من حيـث كيفية اتخاذ هذا القـرار. ونلاحظ في الولايـات المتحدة أن هذه الكلمة تحظى بممارسـة واسـعة النطاق من خلال العملية السياسـية، كما أن الجدل الدائر بشأن القـرار تعرضه الصحافة وأجهزة الإعلام المختلفة، وطبيعي أن المرء الذي لم يتهيأ له إطار المعارف، التي نسميها المعارف الأولية العلمية، سوف يجد نفسـه مستبعدا من مجالات حوار واسعة وكثيرة، وسيكون ببساطة عاجزا عن أن يكون له صوت مسموع.

والحقيقة، أننا إذا شـئنا عرض تنبؤات تتسـم بالإحباط فسـنجد أنه ليس من العسير تخيل بلد يدور حول أي من المسارين غير الديموقراطيين سـواء بسـواء. إذ نجد من ناحية أن بالإمكان النظر إلى الأمور باعتبارها شـديدة التعقد، بحيث إن اتخاذ القرارات رهن نخبة تقانية دون سـواها. (وكـم هو غريب أنني قلما أسـمع علماء يحثون علـى التزام هذا المنهج). ولكـن النهج الآخـر، ولعله مثير أكثر للمخاوف، هو اسـتبعاد كامل لخيار الحـوار العقلانـي، ومطالبة الناس باتباع زعماء هـم في الحقيقة زعماء فوضويون «ديماغوجيون». وطبيعي أن أيا من النهجين يمثل كارثة مادام ما

يعنينا هو الحفاظ على الولايات المتحدة مجتمعا ديموقراطيا. وإن أضمن سبيل لتجنب أي من النتيجتين هي أن نرى المواطنين تسلحوا بالمعارف اللازمة لاتخاذ قراراتهم عن بصيرة ووعي.

المستحدثات التكنولوجية والحوار العام

الحديث هنا لن يكون سهلا يسيرا. إن نسبة كبيرة من الحوارات السياسية التي سيشهدها هذا البلد مستقبلا ستكون نتاج المستحدثات المتقدمة في المجالات العلمية والتكنولوجية التي بدأت بوادرها تلوح في الأفق الآن. وتمثل الخلايا الجذعية قمة جبل الجليد في حدود اهتمامنا بالمجال الجديد لعلم التكنولوجيا الحيوية. ولكن مجالات أخرى جديدة مثل تكنولوجيا المعلوماتية والنانو تكنولوجي لن تكون متخلفة كثيرا عن ذلك. وليسمح لي القارئ بأن أستطرد قليلا هنا لنفكر معا في بعض القضايا التي من المحتمل أن نواجهها خلال عقد من الآن؛ وذلك لكي ندرك ملمحا من ملامح التعقد التي من المحتمل أن تضفيها المستحدثات العلمية على حياتنا السياسية.

تعلمنا في القرن التاسع عشر حقيقة من بين عدد من الحقائق المحورية الكبرى عن المنظومات الحية، وهي أنها تبنى على قاعدة من الكيمياء. ومن ثم ونحن نقول «إن شيئا ما حي» فإننا نعني بعبارة أخرى «أن ثمة مجموعة مميزة من التفاعلات الكيميائية تدور داخله»، من دون أن يعني ذلك الإشارة إلى أي «قوة حيوية» غامضة. وانتقلنا في القرن العشرين خطوة أخرى على الطريق لفهم كيمياء الحياة، وترتبط هذه ارتباطا وثيقا بجزيء اسمه دنا، ونعكف الآن بهمة ونشاط لكشف تفاصيل كيمياء المنظومات الحيوية. وها نحن الآن، وبكل المعنى الحقيقي للكلمة، نتعلم كيف نكشف الغطاء لنعرف خفايا هذه المنظومات ونتعامل معها ونتحكم فيها وفاء لأغراضنا نحن. وسوف تؤدي هذه القدرة الجديدة، مثلما هي الحال في بحوث الخلايا الجذعية، إلى ظهور طائفة من المشكلات الجديدة تماما والتي يتعين على المواطنين أن يتنازعوا الرأي بشأنها.

ولنأخذ الاستنساخ مثالا. لقد أصبح ممكنا، كما أثبت يان ويلموت عندما أنتج النعجة دوللي في العام 1996، نزع الدنا من بيضة وإبدال دنا آخر به من حيوان كامل النضج لكي تنمو الخلية الجديدة وتصبح كائنا مكتملا تماما. وعلى الرغم من أن هذه العملية كانت معروفة وحققت نتائج إيجابية عند تطبيقها على الحيوانات البرمائية مثل الضفادع، فإنها صادفت ترحيبا وتهليلا في العناوين الرئيسية للصحف، مما يعكس حقيقة واقعة، وهي أن دوللي هي أول استنساخ لحيوان ثديي. ونظرا إلى أن الأغنام وثيقة الصلة بالبشر على نحو يثير القلق إلى حد ما في شجرة الحياة، فقد أدى الحدث إلى إثارة كل أنواع المشكلات المحتملة.

ولعل أوضح مثال (ومن دواعي السخرية أنه الأقل إثارة للاهتمام العلمي) هو توقع إجراء استنساخ للبشر. وتتابعت رؤوس عناوين الصحف تعرض رؤى عن جيوش متقدمة من الاستنساخات المتطابقة، وهي رؤى تمثل نوعا من الكابوس إذا ما تحقق أحدها. وأكثر من هذا أن صفحات الرياضة راهنت على حدوث مواجهات بين فرق مستنسخة لكرة السلة. وطالعنا على الجانب الأكثر تشاؤما سيناريوهات لتربية حالات استنساخ للحصول على أعضاء لزراعتها في أجسام مانحي الدنا. مما يذكرنا بموضوعات القَصص الخيالي.

ولكن لسوء حظ صحف الإثارة أن هذا النوع من المراهنات يُغفل إحدى الحقائق الأساسية المعروفة عن النمو البشري. وربما بدا ذلك أشبه بصدمة لعلماء النفس والاجتماع، ولكن الحقيقة أننا - على مدى العقد الأخير - أدركنا أن قدرا كبيرا من السلوك البشري تحدده الجينات، إذ لا يولد شخص صفحة بيضاء، كما يحلو للآباء والأمهات أن يقولوا للباحثين. كذلك في المقابل لا يولد شخص كأنه ماكينة مقدر له أداء التعليمات المثبتة في جيناته ولدا كان أو بنتا، ومن ثم فإن التفاعل المعقد بين الجينات والبيئة والمسؤول عن إنتاج إنسان كامل النضج أصبح، إلى حين، مجال البحث الرئيسي. وإذا كان لي الآن أن أُضَمِّن رأيا فإنني أميل إلى القول: إن التقاسم بين الاثنين سيكون

تقريبـــا مناصفة 50 إلى 50، ومع هـــذا أوضح أن تطابق الجينات بين شـــخصين لا يعني أنهما ســـيكونان متطابقين في الكبـــر، ولنتذكر هنا التوائـــم مثالا. إن ما جعل مايـــكل جوردان بطلا هـــو موهبته البدنية جزئيا، ولكن الأهم من ذلك تصميمه والتزامه في إصرار لا يكل والذي لازمه طوال حياته المهنية. وطبيعي أن عمل استنســـاخ مع تاريخ مغاير يمكن أن ينتج بسهولة شيئا مغايرا. وثمة تعليق ينطوي على دعابة يرى أن من الســـهل أن يتحول استنساخ مايكل جوردان إلى عازف بيانو بدلا من لاعب كرة سلة.

ولكن من وجهة نظر المعارف الأولية العلمية نرى أن أهم شيء بالنسبة إلى قصة الاستنساخ أنه ليست لدينا في اللغة الإنجليزية كلمة للدلالة على بويضة بشـــرية جرى إبدال الدنا الطبيعي لها بـ «دنا» آخر خاص بإنســـان ناضج مكتمـــل. وطبيعي أننا إذا لم تكن لدينا كلمة للدلالة على شـــيء ما فإننا، كما يقول أي عالم لســـانيات، سنواجه مشقة وصعوبة للتعامل معها على المستوى الأخلاقي أو الشرعي أو الديني أو السياسي.

ويجمع العلماء الآن، وفي هذه اللحظة، على القول: إن الاستنســـاخ البشـــري، في ضوء التكنولوجيا الحاليـــة، يمثل مخاطرة كبيرة للغاية، مما يجعله غير مقبول أخلاقيا، وهذا كاف تماما. ومع هذا أجد لزاما أن أقول للقارئ إنني أحيانا أعجب وأتســـاءل بشأن هذه العبارة. إنني شخصيا لا أستطيع أن أتخيل لماذا يريد الناس إنتاج مستنسخات لهم. ولكـــن يوجد كثيرون في العالم من أصحاب الذوات المتضخمة، ولذلك فإنني على يقين من وجود أفراد لا يطمعون فيما هو أفضل. إن إجراء عملية الاستنســـاخ عمليا ليس بالأمر الصعب؛ إذ كل ما تحتاج إليه هو بناء صغير، وبضعة ملايين من الدولارات لشـــراء المعدات والتجهيزات اللازمـــة، وحكومة مســـتعدة لتجاهل الأمر، وبضع نســـاء راغبات في منح البويضات اللازمة. ولا يســـاورني شك كبير في أن بالإمكان عمل الاستنساخ في أي مكان في العالم إذا كان هناك من هو في حاجة ماسة إلى الاستنســـاخ، وعلى استعداد لتجاهل الجوانب الأخلاقية للمسألة. وأتخيل نفســـي ذات يوم جالســـا في اجتماع يضم عـــددا من العلماء

ذوي اللحى البيضاء وهم يناقشون أخلاقيات الاستنساخ البشري، وإذ بشاب يجوس داخل القاعة ويعلن أنه ليس سوى استنساخ. إذن ما الموقف حينها؟

سوف يدور حوار أكثر جدية وأهم شأنا حول موضوع يحمل اسم الاستنساخ العلاجي therapeutic cloning. ولاتزال هذه التقنية في بداية مراحل تطورها الأولى. وهنا نجد أن شخصا ما في حاجة إلى عضو جديد يمنح الدنا لإنتاج الخلايا الجذعية. ويستخدم العلماء تقنية بازغة لمجال علمي اسمه هندسة النسيج tissue engineering التي تمكنهم من تنمية هذا العضو بحيث يمكن للجراحين زراعته. ونظرا إلى أن خلايا العضو الجديد لها الدنا نفسه الخاص بالمريض فإن جهاز المناعة لن يرفضه، وبهذا تنتفي أهم المخاطر التي تواجهها زراعة الأعضاء اليوم. وهذا هو الحلم بفتح مجال جديد اسمه «طب تجديد الأعضاء» regenerative medicine.

ويمكن القول في هذه اللحظة إن هذا السيناريو مرهون إلى حد كبير بالمستقبل. ولكن ليس عسيرا علينا أن نتخيل تحوله إلى حقيقة واقعة خلال عقد أو نحو ذلك. وسوف تبرز هنا طائفة جديدة تماما من القضايا الأخلاقية. مثال ذلك إذا كنت في حاجة إلى قلب جديد كيف لي أن أوازن بين القيمة الأخلاقية لإنقاذ حياتي والقيمة الأخلاقية للحميل الذي يتعين وأده لإنجاز الهدف؟ وماذا لو أننا خصبنا كثيرا من البويضات، ولم نستخدمها كلها، هل نحن ملزمون أخلاقيا بالبحث عن أمهات بديلة للآخرين؟ وهل نخزنها إلى الأبد، أم نلقي بها في المرحاض ونسكب فوقها الماء؟ إنك لا تستطيع أن تتخيل جماعات البشر يتصارعون حول قضايا من هذا النوع ما لم تكن تعرف قدرا من المعارف الأساسية عن بيولوجيا الجزيئات.

وأذكر بهذه المناسبة أن وليام هازيلتاين، وهو أحد رواد طب تجديد الأعضاء، أوضح أن هذا المجال العلمي إذا ما نجح في الوفاء بوعده فإن بعضا من التساؤلات شديدة البساطة ستبرز وستكون الإجابة عنها شديدة الصعوبة. إذ ماذا عساك أن تقول إذا سألك شخص ما «كم عمرك؟» إذا ما كانت الإجابة تتباين من عضو إلى آخر من أعضاء جسمك؟

وماذا لو عرفنا ما فيه الكفاية عن علم الوراثة وتعاملنا مع الدنا الخاص بجنين ما لإنتاج شـــيء نريده؟ وماذا، على سبيل المثال، لو عالجنا هندسيا الدنا الخاص ببطل رياضي بحيث ينتج الســـتيرويدات (*) الخاصة به؟ هل لنا أن نســـمح لهذا الرياضي بالمنافســـة في الأولمبياد؟ وماذا لو أن الجينة الجديـــدة كانت نتيجة لطفرة طبيعية بدلا من الهندســـة الوراثية؟ إننا لن نستطيع حتى الهرب من البيولوجيا الجزيئية في نطاق الرياضة.

إننا لا نكاد نمضي على الطريق لنكشـــف حقيقـــة ميكانيكيات الحياة حتى نواجه مشـــكلات بـــلا نهاية. لن يجد أكثرنا مشـــكلة في التعامل مع شخص له كليتان مزروعتان بعد استنباتهما من خلايا جذعية. وطبيعي أن مثل هذا الشخص يكون بشرا سويا كما هو واضح بغض النظر عن تعريفنا للمصطلـــح. ولكن ماذا لو تضمن العضو المزروع مكونات حاســـوبية؟ ماذا لو أن عملية الزرع التي أجريت له اســـتهدفت جعل الشـــخص أكثر ذكاء أو أكثر كفاءة وفاعلية وليس فقط إنقاذ الحياة؟ وماذا لو جرى تغيير أكثر من عضو؟ عند أي نقطة نكف عن وصف مثل هذا الشـــخص بأنه بشر ليبدأ وصفه بأنه شـــيء آخر؟ هل نصفه بأنه بشر متحول، أو حتى إنسان خارق للطبيعـــة؟ وهل وضعنـــا تعريفا يحدد مفهوم البشـــرية تحديدا كافيا مما يسمح لنا بالبدء في التعامل مع مثل هذه الأنواع من المسائل؟

إن هذه المسائل تبدو لنا كأنها ضرب من الخيال العلمي الآن، بيد أنني ســـمعتها جميعا على لسان علماء مشـــهورين أثاروها في مؤتمرات علمية كبرى لها هيبتها. ولا شـــك في أننا ســـوف نضطر، نحـــن أو أبناؤنا، إلى التعامل مع بعضها في المستقبل المنظور. معنى هذا أن وفاء المرء بالتزاماته بوصفه مواطنا لن يكون بالأمر اليسير في المستقبل، وهي التزامات سيكون من المستحيل الوفاء بها من دون الإحاطة بالمعارف الأولية للعلم.

وسوف تثار قضايا مماثلة مع تقدم تكنولوجيا المعلومات. ولك أن تصدق أو لا تصدق أنني ســـمعت حوارات دائرة بين علماء عما إذا كان وقف عمل الحاسوب في المستقبل يعتبر عملا مسموحا به أخلاقيا أم لا. وطبيعي أنه مع التقدم المطرد للحواسيب سيكون من الصعوبة بمكان الإجابة عن سؤال

(*) الســـتيرويدات steroids أي من المركبات العضويـــة المتعددة التي تذوب في الدهن وتحتوي على 17 ذرة كربون. [المترجم].

ما إذا كانت الحواسب تتصف بالذكاء والوعي. ولكنني شخصيا لا أعتقد أن الحواسب يمكنها أن تحل محل المخ البشري، وهذه نتيجة توصلت إليها بعد أن عالجتها تفصيلا في كتابي «هل نحن بلانظير؟ (*)». ومع هذا يبدو واضحا أن الحواسيب عند نقطة ما في المستقبل ستكون أوثق كثيرا بالوعي كما ندركه عما هي عليه الآن. ولكن عندما تصل إلى هذا المستوى (ولنتذكر الكمبيوتر «هال» في فيلم أوديسا الفضاء: 2001) (**)، ماذا سيكون حكمنا الأخلاقي عندما نريد غلقها وإيقافها؟ هل يعادل هذا جريمة القتل؟ وماذا لو أردنا إرسالها في رحلة ذهاب فقط بلا عودة إلى كوكب بعيد أو إلى مجموعة شمسية؟ هذه أسئلة ليس من اليسير الإجابة عنها. وإذا ما أصبحت قضية سياسية (ولنتخيل نشأة منظمة تحمل اسم «دعاة معاملة الحواسيب معاملة أخلاقية») فإن الأمر سوف يستلزم قدرا كبيرا من التفكير المتقدم والمعقد من جانب جمهور الناخبين لحسم الأمر. وأعود لأقول كم هو عسير إنجاز هذا كله من دون توافر مستويات عالية من المعارف الأولية العلمية.

وهاهنا لا أستطيع مقاومة الرغبة في تقديم مثال آخر حتى إن بدا في حقيقته بعيدا عن الموضوع. إن من أهم المستحدثات العلمية المتقدمة التي شهدتها تسعينيات القرن العشرين اكتشاف تقنية جديدة اسمها «النقل البعيد بميكانيكا الكوانتم Quantum teleportation» (***). وتستخدم هذه العملية في الأساس طرق ميكانيكا الكوانتم لتدمير أحد الفوتونات،

(*) نشر ضمن سلسلة عالم المعرفة في يناير 2006. ترجمته إلى العربية د. ليلى الموسوي.

(**) (1968) 2001: A Space Odyssey: هو أحد أهم أفلام المخرج الراحل ستانلي كوبريك (1928 - 1999). ويحكي قصة صراع بين الإنسان (بومان) و جهاز الكمبيوتر (هال)، حيث يتنافسان للوصول إلى خطوة جديدة، وإن كانت مجهولة، نحو التطور. [المحرِّرة].

(***) النقل الكوانتي من بعد quantum teleportation: الكوانتم - وفق نظرية الكوانتم، الطاقة موجودة في شكل وحدات منفصلة، وكل وحدة اسمها كوانتم، والجمع كوانتا quantum - quanta. وكوانتم الأشعة الكهرومغناطيسية اسمها فوتون. ونظرية الكوانتم هي التي تمحورت حول مفهوم عدم اتصال الطاقة الذي أدخله ماكس بلانك في الفيزياء. وتطورت منظومة ميكانيكا الكوانتم عن هذه النظرية خلال النصف الأول من القرن العشرين. والنقل الكوانتي من بعد تقنية نقل معلومات من بعد على مستوى الكوانتم، من جسيم (أو سلسلة جسيمات) إلى جسيم آخر (أو سلسلة جسيمات أخرى) في موضع آخر عبر الترابط الكوانتي quantum entanglement [المترجم].

جسيم ضوئي، في موقع ما، وتخلق فوتونا مطابقا في مكان آخر. ولنا أن نتخيل هذا في صورة بدائية لجهاز النقل في المسلسل التلفزيوني «ستار تريك» Star Trek، فهو جهاز خيالي يعمل عن طريق تدمير ذرات شخص ما في مكان ما وتجميع ذرات مطابقة في مكان آخر. واستخدم العلماء في أستراليا بالفعل عملية النقل عن بعد بميكانيكا الكوانتم لإرسال صور فوتوغرافية عبر ألياف بصرية إلى مسافات تبعد أميالا كثيرة. ولكن لنتخيل معا أننا تقدمنا إلى حد أصبح فيه بالإمكان إرسال بشر بجهاز النقل الكوانتي. ترى هل الشخص الذي جرى تجميعه على الطرف الآخر والذي تتطابق ذراته واحدة بواحدة مع ذرات الشخص الذي خضع للتجربة هو الشخص ذاته حقيقة أيا كانت وسيلة النقل؟ وأذكر هنا سؤالا وجهه إليَّ أحد زملائي نصف مازح: هل يتعين على هذا الشخص الجديد أن يسدد عنك ضرائب الدخل؟

قضايا واقعية تشتمل على ما هو أكثر من العلم

إننا إذ نحيد هنا قليلا لندخل مجال الخيال العلمي فذلك لأنه يفيدنا في تأكيد حقيقة مفادها أن ثمة قضايا معقدة تنتظرنا في المستقبل. وسوف تستلزم هذه القضايا توافر مستويات عالية من المعارف الأولية العلمية إذا شئنا أن يكون للمواطنين العاديين بعض من القدرة على التحكم في مستقبلهم. بيد أنها توضح لنا نقطتين أخريين مهمتين تتعلقان بمكان ومكانة المعارف الأولية العلمية (والعلم بعامة) في الحوار العام:

1 - ثمة قضايا مهمة في مجتمعنا لا تشتمل مطلقا على مسائل محصورة في نطاق العلم والتكنولوجيا وحدهما.

2 - إن كم ونمط المعارف العلمية اللازمة للمواطن لكي يؤدي دوره الصحيح محدودان.

ونشير هنا إلى أن النقطة الثانية سبق أن وضحت جيدا في مناقشتنا السابقة عن الاستنساخ وبحوث الخلايا الجذعية، إذ إن المشاركة في هذه الحوارات تستلزم فهم العلم المعني بإنتاج أعضاء من الخلايا الجذعية واستنساخها. ليس لازما أن يكون المرء على حظ وافر من

المعرفــة، إذ ليس ضروريــا أن تتوافر لديه القدرة علــى فهم الترتيب التسلســلي للدنا لكي يفهم، على ســبيل المثال، الاستنســاخ العلاجي. عوضــا عن ذلك نرى ضرورة توافر حد أدنى من إطار المعارف اللازمة للمشــاركة في أي حوار قد يُثار بشــأن هذه القضايــا، ولا يكاد إطار الحــد الأدني المذكور يتوافر للمرء حتى تدور القضايا المهمة حول أمور لا يربطها بالعلم سوى رباط عرضي.

ونســتطيع هنا في الواقع أن نحدد ثلاثة جوانب متمايزة لهذا النوع من الحوار، والتي تتطابق بشــكل عام تقريبي مع مسائل تتعلق بالواقع والقيم والسياســة. وتتمركز أولى هذه القضايا حول التساؤل عما إذا كان بالإمكان الإفادة من بحوث الخلايا الجذعية من دون تدمير الأجنة - أي بالوصول إلى طرق لمعالجة أنماط أخرى من الخلايا على ســبيل المثال. وهذا ســؤال علمي، كما أن فهم الحوار يســتلزم توافر مستوى معين من المعــارف الأولية العلمية. ولكن لا يكاد هذا المســتوى يتوافر لنا حتى نجد أنفســنا داخل ســاحة علاقتها بالعلــم واهية جدا. إننا جميعــا، وكما أوضحنا ســابقا، لا نكاد نفهم موضوع الحوار (مســائل تتعلق بالواقع) حتى يكون لزاما علينا البحث عن وســيلة لتطبيق قيمنا الأخلاقية على الموقف (مســائل تتعلق بالقيم)، ونقرر ماذا في وســعنا أن نفعل بشأنها (مسائل تتعلق بالسياسة). ويستطيع القارئ أن يتخيل، فيما يتعلق بحالة الخلايا الجذعية، أفرادا يدعمون ويحبذون كل شيء وأي شــيء ابتداء من الدعــم المكثف للبحوث الرســمية وحتى القول بتجريم المجال كله.

ولنــا أن نطبق الرؤية نفســها على القضايا الأعمــق وثيقة الصلة بالتقــدم في فهم ميكانيكا الحياة. ونعــود لنقول إن العلم يفيد كمدخل للجدل، ولكن المسائل الواقعية تشتمل على شيء آخر. مثال ذلك إذا ما كان القارئ بصدد مواجهة تســاؤلات عن ماهية الكائن البشري، وبيان الحــد الفاصــل بين ما هو كائن بشــري وما هو غير ذلــك، فإن كل ما يســتطيعه العلم هو أن يمضي بك وصولا إلى هذا الحد. وكذلك بالمثل إذا ما كنت بصدد معالجة القضية الأهم شــأنا وهي القيمة الأخلاقية

التـــي نعزوها إلى كائن بشـــري في طور النمو وهـــو يتقدم على مراحل مـــن بويضة ملقحة إلى جنين ثم حميل، فإنك هنا لن تحقق المرجو منك اعتمادا على العلم وحده.

وليســـمح لي القارئ بـــأن أتناول بقدر من التفصيل هذا الرأي وبشـــكل موجز وسريع؛ ذلك لأنه يوضح بجلاء الفكرة التي أحاول بيانها. نلحظ بشكل أساسي أن قضية الإجهاض (وجميع القضايا ذات الصلة) تتعلق في التحليل النهائي بمسألة التمييز بين مصطلحي «الكائن البشري» و«الشخص». ونعرف أن عبارة «كائن بشـــري» مصطلح بيولوجي يشـــير إلى كائن عضوي حي من نوع الهومو ســـابينس. إنه مصطلح يمكن تحديده وتعريفه على أساس البنية الفيزيقية أو تسلســـل الدنا، ومن ثم فإن عبارة «كائن بشـــري» هي مصطلح يمكن تعريفه بشكل كامل وتام في ضوء المصطلحات العلمية.

ولكن كلمة «شخص» شأن آخر، إنها مصطلح قانوني، وتشير إلى شخص ما له حق الحماية القانونية. ويتحدد تعريف الشـــخصية وتميزها على نحو مختلـــف مـــن مجتمع إلى آخر. مثـــال ذلك أننا فـــي مجتمعنا نضفي صفة الشـــخصية تحديدا منذ الميلاد، ومن ثم فإن الجدل بشأن الإجهاض ينصب أساسا على ما إذا كان إضفاء الصفة ينبغي أن يكون قبل الميلاد أم لا. ولكن ثمة مجتمعات أخرى تضفي صفة الشـــخصية المميزة بعد الميلاد بفترة ما. ونذكر على سبيل المثال اليابان في العصر الوسيط، إذ تضفي صفة الشخص على الكائن البشري مع أول صيحة للوليد. وإذا حدث أن قتلت القابلة طفلا مشـــوها قبل هذه الصيحة لا يعتبرها القانـــون قاتلة. ونلحظ في الواقع أن مجتمعات غير غربية كثيرة اعتادت أن تعتبر الطفل الوليد المشـــوه «شبحا»، ومن ثم ارتاعوا حين أخبرتهم الإرساليات التبشيرية المسيحية بأن قتله يصل إلى حد جريمة القتـــل. معنى هذا أن القرار الذي يحدد متى يصبح الكائن البشـــري شـــخصا ليس بالأمر الذي يجري تحديده علميا، بل تتعين إعادة تحديده بوصفه مسألة رهن القيم المجتمعية وليس الحقيقة الواقعة.

وجدير بالذكر أن فقه الإلهيات التقليدي في المسيحية يربط مشكلة إضفاء الشـــخصية بعملية نفخ أو نفث الروح. ويُحدد إطار المسألة في ضوء التســـاؤل عن متى يكتســـب الجنين روحا في أثنـــاء عملية النمو.

وبنى توما الأكويني (1225 - 1274م) حجته على أساس ظهور الأجنة الجهيضة وحدد الزمن بأربعين يوما للذكور وتسعين يوما للإناث (لا تسأل لماذا!). ولكن البابا بيوس التاسع أعلن في العام 1869 باسم كرسي الأسقفية في المجلس الأول للفاتيكان أن نفخ الروح يحدث مع لحظة الحمل، وبهذا هيأ الساحة للسجال الراهن بشأن الإجهاض. وعلى الرغم من أن الحالين تضمنتا في البدء كثيرا من المصطلحات العلمية (متى تظهر على الجنين أول معالم صورة بشرية؟) فإننا نجد في النهاية قفزة من البشرية إلى الظهور المتميز للشخصية، وهي قفزة لا علاقة لها بالعلم.

ونستطيع أن نرى هذه النقلة للتحول من المحاجاة العلمية إلى المحاجاة غير العلمية متحققة في كل حوار تقريبا يتضمن محتوى علميا أو تكنولوجيا. ومثالا على ذلك الجدل الدائر الآن بشأن استخدام الطاقة النووية. فنحن نعرف أن الحوارات بشأن الطاقة النووية تمس موضوعات كثيرة هي من صميم العلم والتكنولوجيا: طبيعة الإشعاع، وإنتاج الوقود النووي، وتوليد الكهرباء من بخار عالي الضغط. معنى هذا أن المواطنين في حاجة إلى معرفة شيء ما عن كيفية عمل المفاعل النووي، وما الأجزاء المشتركة بين المفاعل والمولدات الأخرى، وأيها مختلف، وينبغي أن تكون لديهم معرفة ما بالنشاط الإشعاعي من مثل ما هو النشاط الإشعاعي، ولماذا يمكن أن يكون خطرا، وما الخطوات اللازمة لحماية البشر منه؟ وطبيعي أن مثل هذه الحقائق والمفاهيم تؤلف معا الإطار المعرفي الذي يعتبر الخلفية الأساسية لكل الحوار.

ولكن مع توافر هذه المعارف يمكن أن تطفو على السطح القضايا الواقعية. مثال ذلك أنه بعد أن اكتمل الحوار التقني في السبعينيات، الذي دقق في كل صغيرة وكبيرة، تحول الجدل بشأن الطاقة النووية إلى سؤال بسيط: ما حجم المخاطرة المسموح بها بغية الحصول على كهرباء رخيصة؟ وحُسِم هذا الجدل لمصلحة رفض المخاطرة، ولم يصدر هذا البلد ترخيصا بمفاعل جديد منذ عقود. وعلى الرغم من إيماني بأن ما حدث هو الخيار الخاطئ، فإن المسألة حُسِمت بشكل عام بناء على خيار ديموقراطي.

ويبــدو عمليا أن هذا الجدل تحديدا بــدأ يتصاعد ويحتدم ثانية، ولكــن دافعه هــذه المرة الوعي باحتمالات احتــرار كوكب الأرض ودور حرق أنواع وقود الحفريات مثل الفحم في تفاقم هذا الخطر. وطبيعي أن الحوار الجديد ســوف يســتلزم توافر مزيد مــن الموضوعات التي تدخل ضمن المعارف الأولية العلمية ذات الصلة، هذه المرة، بديناميات المناخ والتغيرات البيئيــة، وإن ظلت الفكرة الجوهرية واحدة في جميع الحــالات. وغني عن البيان أننا لا نكاد نشــارك في الحوار بعد توافر الحد الأدنى اللازم من الخلفية العلمية لفهم القضايا موضوع المناقشة حتى يصبح بإمكان كل امرئ منا أن يبني خياراته تأسيســا على القيمة التي نعزوها إلى البيئة مقابل قيمة الطاقة الرخيصة نسبيا. مثال ذلك هــل الأهم لنا حماية الناس من أي مخاطر يمكن أن تنشــأ نتيجة بناء مفاعــلات جديــدة أم حماية البيئة من إضافة مزيد من ثاني أكســيد الكربــون في الغــلاف الجوي؟ ونعود لنقول إن الحــوار ليس مقصورا بالكامل على العلم، بل يتضمن قضايا يتعين علينا جميعا حســمها وفق أفضلياتنا الأخلاقية.

ونســتطيع أن نسترســل ونقدم مزيدا من الأمثلة، بيــد أنني أرى أن الفكــرة واضحة الآن. إذ نرى أن بإمكان أي مواطن يعتزم المشــاركة في حوار ما أن يحدد بداية حدا أدنى للإطار المعرفي عن هذا الحوار واللازم لفهم موضوعه وما يدور حوله. وأحســب أن هــذه المعرفة نوع من جواز المرور إلى مضمار الحياة المدنية. ولكن لا يكاد المرء يدخل الســاحة حتى ينتقــل الحوار نقلة أخــرى، وتحتل القضايا العلميــة مكانا خلفيا لتترك الصدارة لقضايا أقل من حيث إمكان التقدير الكمي، وهي قضايا تحظى بقيم شخصية وإن بدت في إطار الجدل أكثر أهمية.

وجدير بالذكر أن هذا النمط، كما سوف أبين في الفصل العاشر، له دلالاته المهمــة لتحديد نوع التعليم العلمي الــذي نقدمه لطلابنا؛ نظــرا إلى أنه ســبيلنا للوصول إلى تحديد تقريبــي لمحتوى المعارف الأولية العلمية. ولكن في حدود هدفنا المرســوم هنا أريد أن أشــدد على الحــد الأدنى لطبيعة المعارف الأوليــة العلمية اللازمة للمواطن

لكي يؤدي دوره المنشود. ووصولا إلى هذا الغرض أرى أن أهيئ فرصة لاطلاع القارئ على سـر ينطوي على قدر قليل من اللاأخلاقية داخل المجتمع العلمي.

ثمة أسطورة شائعة تفيد بأن العلماء حين يشرعون في المشاركة في حوار مدني عن مسألة ما فإنهم يفعلون ذلك من موقع الكبرياء المعرفي بدعوى أنهم الأعلم بالجوانب التقانية للمشـكلات موضوع المناقشـة. وهذا صحيح غالبا (وليس دائما) بالنسبة إلى من يظهرون على الشاشة كأنهم القمم وأئمة الفكر ويعرضون على المشاهدين وجهات نظر علمية خاصـة ومميزة. بيد أن هذا لا يصدق علـى المجتمع العلمي بعامة. إذ مـا لم يصـادف أن يكون موضـوع الحوار داخلا ضمـن نطاق البحث الخاص بالمرء فإن الأرجح أنه لن يكون عارفا بكل جوانب الموضوع أكثر ممـا يعرف المواطـن العادي المثقف. ومن ثم فإن طرفا من هذا السـر هو أن العلماء عادة يكونون في القارب نفسـه وعلى قدم المسـاواة مع جميع المشـاركين حين يتعلق الأمر بإطار المعارف اللازمة للمشاركة في الحوارات العامة.

وأرانـي فـي حاجة إلى أن أصـارح القارئ وأقـول إن إدراكي هذه الحقيقـة كان بمنزلـة صدمة لي. حدث هـذا في سـبعينيات القرن العشـرين وأنا لا أزال حديث عهد (وسـاذجا) بالحصـول على درجة دكتوراه الفلسـفة. وكان موضوع الحوار العـام الدائر آنذاك هل ينبغي على الولايات المتحدة أن تقتدي بريادة فرنسا وبريطانيا لمشروع تطوير طائرة تجارية أسـرع مـن الصوت؟ وحدث هذا في الفتـرة ذاتها التي بدأت تسـود فيها فكرة تدعو إلـى ضرورة التفكير فـي الآثار البيئية الناتجة من اسـتخدام التكنولوجيات الجديدة. وشرع فريق من العلماء في التعبير عـن انزعاجهم من التدمير المحتمـل لطبقات الجو العليا، بسـبب اطراد تدفق عـادم النفاثات على ارتفاعـات عالية. (وأذكر أن مـن أبرز خصائص الطائرة المقترحة أنها سـوف تحلق على ارتفاعات أعلى كثيرا من الارتفاعات التي تبلغها الطائرات العادية بغية الحد من مقاومة الرياح).

كنت آنــذاك عضوا ضمن فريــق صغير من علمــاء الفيزياء النظرية العاملــين في مجال استكشــاف وتطوير فكرة تفيد بأن أشــياء نســميها «كواركات» quarks(*) تمثل المكونات الأساســية لمادة الكون. (كانت الفكرة مقبولة عمليا وإن حلت محلها اليوم أشــياء أخرى نسميها الأوتار strings، إذ يقترح العلماء أنها المكونات الأساســية للكواركات... (وكما يقول المثل: دوام الحال من المحال، ومجد الدنيا إلى زوال). كنت آنذاك عالما بكل معنى الكلمة، ولكني لا أملك دليلا يهديني إلى حقيقة موضوع الحوار.

ســبب ذلك بســيط، ذلك لأنك إذا أردت التحدث عن آثار التلوث في طبقــات الجو العليــا يتعين عليك أن تعرف: (1) مــا الكيماويات المحتملة إضافتهــا؟ (2) ماذا ســيحدث لها في تلك البيئة؟ والإجابة عن المســألة الأولى ســهلة، إذ يكفيك اليوم إلقاء نظرة إلى غوغل. ولكن المسألة الثانية جــد معقــدة، لأنها تتضمن تفاعــلات كيميائية بين عناصــر غير مألوفة فــي غاز بارد رقيق للغاية ســيفيض بكميات هائلة مصحوبا بأشــعة فوق بنفســجية صادرة عن الشمس وربما تقترن ببلورات ثلجية منتشرة وتجعل الصورة خادعة. وطبيعي أن الحوار تركز حول ما هو محتمل أن يحدث إذا ما ألقينا كميات هائلة من الكيماويات وسط هذا الخليط.

وكانت معلوماتي عن التفاعلات الكيميائية، شــأني شــأن الأغلبية العظمى من الفيزيائيين، ترجع إلى المقررات الدراسية عندما كنت طالبا بالجامعة. ولاحظت أنه لا شــيء في هذا الحوار تحديدا له علاقة، ولو

(*) كواركات quarks، ونظرية الأوتار string theory، أو النظرية الخيطية.
الكوارك جسيم افتراضي - له مقابله جسيم مضاد. بدأ الافتراض على يدي موراي جيل - مان، إذ قال بوجود ثلاثة جســيمات أولية افتراضية ويقابلها ثلاثة جســيمات مضادة. ثم زيدت إلى أربعة جســيمات. والمفترض وفق نظرية الكواركات أن المــواد جميعها مؤلفة إما من كواركات أو لبتونــات leptons. وكان الظــن أنها هي الجســيمات الأولية الحقيقية دون ســواها. ثم جاءت نظرية الأوتار، وهي مجموعة من الأفكار عن تركيب الكون وتستند إلى معادلات رياضية معقدة، وترى أن المادة مكونة من أوتار أو خيوط حلقية مفتوحة وأخرى مغلقة متناهية الصغر ولا سمك لهــا، وأن الوحدة البنائية الأساســية للدقائق العنصرية من إلكترونــات وبروتونات ونيوترونات وكــواركات هي أوتار حلقيــة من الطاقة، وهي في حالة تذبذب وعدم اســتقرار، وتتحدد وفقها طبيعة وخصائص الجســيمات الأكبر. وتضع النظرية في الحســبان عنــد تصورها هذا جميع قوى الطبيعة معا: الجاذبية والكهرومغناطيسية والقوى النووية فتوحدها في قوة واحدة ونظرية واحدة تسمى النظرية الفائقة M-theory. [المترجم].

من بعيد، بمـــا تضمنته بحوثي الخاصة. وفيما عدا المعارف العامة عن التفاعـــلات الكيميائية، فإن ما تلقيته من تدريبات علمية لم يُســـعفني بـــأي معلومات أكثر، حول هذا الموضوع، مما هو متوقع أن يعرفه طالب جامعة متوسط.

إذن ماذا عســـاي أن أفعل؟ هاهنا مكمن السر الذي ينطوي على قليل مـــن اللاأخلاقية. تطلعت بناظري إلى المشـــتركين في الحوار، وســـألت الأصدقـــاء والزمـــلاء متأملا حديـــث كل منهم داخل المجتمـــع العلمي. وتصـــادف أن كان أحد الحضور من أصحاب الموقف المعارض في الحوار وهو الراحل هانز بيت Hans Bethe، الحاصل على جائزة نوبل، والمشهور عنـــه أنه أحـــد عمالقة الفيزيـــاء الحديثة، فضلا عن أنـــه كثيرا ما كان المستشـــار الرسمي للحكومة في الشـــؤون العلمية. وكان يحظى باحترام عميق من جانب العلماء، وهو شعور أتفق معهم فيه، وقد تولد في نفسي بعد بضعة لقاءات معه. لذلك أَنصتُّ إليه مليا حين تكلم. كنت على يقين بأنه يســـبر غور الموضـــوع ويعرفه حق المعرفة، ومن ثـــم قرر أن الحجج المناهضة لمشـــروع الطائرة الأسرع من الصوت هي الأصوب والأرجح من تلك الحجج المؤيدة له.

ولكـــن وضح فـــي النهاية أن الحجج الاقتصادية هـــي الأهم عمليا في مســـيرة الحـــوار، وهي الحجج التي لم أهتم بها كثيـــرا آنذاك. ونعرف أن الطائرة الكونكورد الأســـرع مـــن الصوت حين حلقت أخيرا في الجو كانت كارثة مالية، ومن ثم أوقفت الحكومات الراعية المشروع. ولكننا إذا قصرنا اهتمامنا على الجانب العلمي وحده من الحوار، فإن العلماء - وهنا النقطة التي أريد أن أبرزها - لا يملكون معرفة ســـحرية، تهيئ لهم مكانة أســـمى عند مناقشـــة قضايا الحياة المدنية. وجديـــر بالذكر أن أغلبية العلماء إذا التزمـــوا الأمانـــة في هذا الصدد فإن في وســـعهم أن يقصوا على القارئ مزيدا من القصص المماثلة لقصتي. لذلك يمكن القول إنه باســـتثناء القلة ممن يتصـــادف أن تكون بحوثهم منصبة على جوهر موضوع النقاش، فإن العلماء في حاجة إلى المعارف العامة ذاتها التي يحتاج إليها كل امرئ حال مشاركته العملية بدوره بوصفه مواطنا.

وثمة حقيقتان: الأولى أن المعارف العلمية اللازمة للمشـــاركة في حوار عـــام هي الحد الأدنى منها. والثانية أن العلم نادرا ما يكون العامل الوحيد المؤثر في اختيار الناس. بيد أن هذا لا يغير الحجة المحورية، وهي أنه من دون هذه المعرفة لا أحد يستطيع أن يقدم اختيارات معقولة بشأن القضايا موضوع الحوار.

وعبـــر كارل ســـاغان عن هذا بأســـلوبه فـــي كتاب: «العالم المســـكون بالشيطان» The Demon-Haunted World:

> **«خططنـــا لحضـــارة كوكبية تعتمـــد أكثر عناصرها حسـما على العلم والتكنولوجيا. وخططنا كذلك لأمور بحيث لا أحد يفهم العلم والتكنولوجيا، وهذه وصفة لكارثة»** [1].



4

المعارف الأولية العلمية: برهان من الثقافة

هل العلـم حقيقةً جزء مـن الثقافة؟ أحسـب أن الإجابة عن السـؤال رهن بما يعنيه المرء بكلمة ثقافة. إذا فهمنا الثقافة، في أكمل صورها، بأنها الشبكة الاجتماعية والفيزيقية التي يعيش فيها جميع البشـر فـإن العلـم من دون أدنى شـك سـيكون بعضها. وأقول، ما سـبق أن أوضحته في الفصـل الأول، إن القدرة على فهم العالم الطبيعي والتعامل معه هي تحديدا القسمة المميزة لنوع البشـر (الهومو سابينس) عن بقية الأنواع الأخرى.

ولكـن كلمة ثقافة تُسـتَخدم في جميع الأحوال بمعنى أكثر محدودية، أي بمعنى ما يمكن أن نسميه «الثقافة الرفيعة». وسوف أحدد هذا بأنـه جماع المعارف التي يحتاج

«إن إصـرار فلاسـفة ما بعد الحداثة علـى أنهـم مؤهلون للحديث عن موضوعات صعبة، تأسيسـا على قـراءات لكتب شـعبية رائجة، من شـأنه أن يجعـل العلمـاء يحجمون عن أخذهم مأخذا جادا».

المؤلف

إليهـا المرء في مجتمـع ما، لتكون له حيثية، وليكون مقبولا وسـط مجموع المثقفـين. معنى هذا أن أي امرئ في أمريكا القرن الواحد والعشـرين، لم يسمع في حياته عن شكسبير أو موتسارت سوف يعتبره المجتمع غير مثقف، مـن دون اعتبار لكـم الأموال التي يملكها. وطبيعي أن مثل هذا الشـخص تصفه اللغة الدارجة بأنه «كمالة عدد» أو غير ذي حيثية.

طـاف بخاطري، وأنا أكتب هذه الفقرة، مشـهد مـن عرض كوميدي تلفزيوني شـاهدته منذ سنوات؛ إذ رأيت ممثلا كوميديا يجسد دور رئيس قُطَّـاع الطرق، ولكن بعـد أن تاب وأناب وكف عن نشـاطه. وقد رفضته فـورا امرأة لأنه «فظ جلف»، بعد ذلك سـأل قاطع الطريق أصدقاءه عن معنى هذا الوصف فقالوا: «هذا يعني أنك تفتقر إلى اللباقة يا سـيدي». أخرج كمية من أوراق النقد التي انتزعها من بين رزمة كبيرة يحملها وقال: «اذهبوا إلى سوق المدينة واشتروا لي بعضا منها. خذوا الشاحنة».

معنى هذا أن إحدى سبلنا للوصول إلى هذه الفكرة عن الثقافة هي أن نسـأل: ما الذي يجعل امرأ ما في أمريكا الحديثة أهلا للتحدث فيكشف كلامه عن ذكاء ويحول دون وصفه بالفظ الجلف. ثمة بعض الشـك في أن الفنون. الرسـم والموسيقى كمثال. سـتدخل ضمن هذه الفئة، كذلك حال الكتابات في مجالات فرعية، والتي تندرج تحت مسمى الأدب.

ونظـرا إلى أنني مؤلف ألَّف كثيرا من الكتب، فقد اعتدت دائما أن أصاب بالدهشـة حـين ألقي نظرة على قائمـة المؤلفين والكُتَّـاب المدعوين للحديث في مناسـبات مـن مثل معارض الكتب والحفلات الأدبيـة. إذ يمكن للمرء أن يسـتخلص من هذه القوائم نتيجـة مؤداها أن الأدب يتألـف جله تقريبا من الرواية والشـعر. وأكاد أجزم بأنني لم أطالع قط اسـم مؤلف غير روائي في أي مـن هذه القوائـم، ومن ثم لم أجد ضمنها يقينـا أي مؤلف عن العلم. ولا يظن أحد أنني مجنون أو مذعور، ولكن الانطباع الذي تشكل عندي على مدى سنوات هو أن العلم - ببساطة شديدة - ليس موضع ترحيب (وربما أيضا ليس موضع تقدير) داخل أوساط من يرون أنفسهم مثقفين. وأقول إن أحد الأسباب التي اسـتهوتني بشدة بشأن مشـروع المعارف الأولية الثقافية هو الحاجة إلى العمل عن وعي ذاتي من أجل تضمين العلم جزءا من هذه الثقافة عينها.

وأزعـم في النهاية أن هذا هو لب دراسـتي وحجتي في هذا الفصل. وأرى أن من البديهيات القول بأن تطور العلم على مدى القرون الثلاثة هو الذي صـاغ المجتمع الغربي. لذلك يبدو لي أن تضمين معرفة العلم ضمن العتاد الفكري الذي يتسـلح بـه المثقفون في مجتمعنا حـري بأن يتحقق تلقائيا في الواقع. أو ما يسـميه طلابي مسـألة بغيـر حاجة إلى تفكير. وواقـع الحال أن عدم النظر إلى العلم على هذا النحو هو أحد الأسـباب التي تجعل الناس أميل إلى قبوله كمسـألة طبيعية، ولكن بمجرد أن نشرع في التفكير في الأمر جديا حتى يبدو غريبا. لذلك فإن أول سـؤال يجب أن نسـأله هو: هل يتأتى لقوة مهيمنة في مجتمعنـا. وربما يقول البعض القوة الوحيدة المهيمنة. أن تتوارى في زاوية مظلمة داخل الصرح التعليمي. وسـوف أعرض فيما يلي مرحلتين تاريخيتين مهمتين من التفكير في هذه المسـألة، ثم أتحدث بعد ذلك عما يمكن أن يفيـد به تعلم المعارف الأولية العلمية لكي يغدو العلم أكثر محورية في الثقافة.

سي. بي. سنو والثقافتان

يسـتحيل على المرء أن يمضي بعيدا في مناقشـة العلـم والثقافة من دون الإشـارة إلـى العمل الرائد الذي، شـئنا أم أبينا، حـدد مصطلحات الحوار على مدى نصف القرن الأخير. ذلك أنه في العام 1959 كان الدور على عالم الكيمياء والروائي والموظف الرسـمي البريطاني تشارلز بيرسي سـنو، ليقدم محاضـرة «ريد» (Rede) (*) ذات المكانـة والمهابة في جامعة كيمبريدج. واتخذ عنوانا للمحاضرة هو «الثقافتان والثورة العلمية» ونشرها بعـد ذلك في كتـاب يحمل العنوان ذاته. واعتمد فرضية أساسـية هي أن الثقافتين، العلمية والأدبية، نشـأتا وتطورتا (في إنجلترا على الأقل) بحيث تنفـي إحداهما الأخرى، واسـتدل بالأنماط الأدبيـة لإدانتها بأنها تمادت

(*) محاضـرة ريـد Rede Lecture: موعد سـنوي لتقديم محاضرة علميـة عامة في جامعة كيمبريدج. سـميت بهذا الاسـم نسبة إلى قاضي القضاة سـير روبرت ريد في القرن السادس عشـر. بدأت في صورة سلسـلة محاضرات منذ عام ١٦٦٨ إلى نحو عام ١٨٥٨، وتشمل تقديم ثلاث محاضرات سنويا، إحداها عن المنطق، والثانية في الفلسفة، والثالثة في البلاغة. وأصبحت منذ عام ١٨٥٨ محاضرة واحدة سنويا يقدمها عالم يحدده نائب رئيس الجامعة. [المترجم].

عامدة في الجهل بواحدة من أهم قوى تشـكيل المجتمع. وعرض رؤيته على النحو التالي في فقرة من كتابه أصبحت فيما بعد هدفا لكثيرين لاقتباسها والاستشهاد بها:

> **شـاركت مـرات كثيـرة جـدا فـي تجمعـات يوصـف أصحابهـا، بمعايير الثقافة التقليديـة، بأنهم أصحاب ثقافة رفيعـة، والذيـن أعربـوا بأسـلوب يفيض حيوية عن تشـككهم إزاء أميـة العلمـاء. واسـتفزني الحديـث مـرة أو مرتـين، ومن ثم سـألت المشـاركين معي كـم منهم بوسـعه أن يعرفني ما هو القانون الثانـي للديناميكا الحرارية؟ جاءتني إجابة محبطة ومثبطة للهمم، إذ كانت سلبية أيضا. هذا على الرغم من أنني أسأل عن شيء هو المعادل علميا لسؤالك: «هل قرأت عملا من اعمال شكسبير؟»** [1].

ومـن نافلة القول أن هذه الرؤية فجّرت جدلا ضاريا وسـط رموز الأدب الإنجليز. وتضمنت شـن هجوم شـنيع بعيد عن كل اعتبارات العقل والمنطق وجهه إف. آر. ليفيس، وهو أحد رواد الدراسـات الإنسانية في البلاد. ونجد من بين أقل تعليقاته حقدا ومرارة اتهامه بأن سـنو «أبعد ما يكون عن وصفه بأنـه متميز فكريا» [2]. (وعلى الرغم مـن أنني أعدت قراءة هذه الكلمة بعد مضي نصف قرن فإنني لاحظت أن ليفيس لم يشر البتة إلى أن لديه أي معرفة - ولو بدائية وبسيطة - عن ماهية القانون الثاني للديناميكا الحرارية).

ورغبة مني في الارتفاع بمسـتوى العرض قبل أن أسـتطرد، أسـتأذن القارئ في أن أوضح أن أكثر المعلومات الشائعة عن القانون الثاني تفيد بأن أي منظومـة منعزلة لا يمكن أن تصبح أكثر انضباطا وانتظاما مع الزمن. ولنحاول معا أن نتأمل سلسـلة متوالية لمجموعة من الصور الفوتوغرافية علـى فترات زمنية مختلفة لحجرة نوم فتى في سـن المراهقة حتى تتضح الفكـرة تماما. وغني عن البيان أن القانون الثاني له تجليات ونتائج هائلة فـي حياتنا، مثال ذلك أن يقضـي بأن ثلث الطاقـة بالكامل الناتجة عن احتـراق الفحم لتوليد الكهرباء لا بد من أن نفقده في صورة حرارة مبددة أو عادم ينطلق في الجو، ويشـكل أحد العمد المحورية للعلم الحديث. (إن

كل من يريد الاطلاع على مناقشة شائقة وممتعة لهذا الموضوع أنصحه بأن يقرأ الكتاب المدهش من تأليف هانز فون باير وعنوانه «شيطان ماكسويل: لماذا يشيع الدفء ويمضي الزمن» (*).

بعد أن تناولنا القانون الثاني تمكن العودة إلى الفرضية الأساسية عند سنو، وتفيد بأن ممارسي العلوم والإنسانيات أقاموا جدارا أصم عازلا فيما بينهم. وأظن أن هذه الظاهرة كانت (ولاتزال) أكثر شيوعا داخل أوساط المفكرين البريطانيين أكثر منها بين الأمريكيين. بيد أنني، مع هذا، كثيرا جدا ما صادفت عداء للعلم في عدد من اجتماعات ومؤتمرات الكلية، ما جعلني أدرك أن كثيرا من المواقف التي انتقدها سنو لاتزال شائعة.

وليسمح لي القارئ بأن أبدأ بالحديث عن زملائي العلميين. نلاحظ في أغلب الجامعات الأمريكية أن طلاب العلوم والهندسة ملزمون بتلقي مقررات خارج مجالهم. وتسمى مستلزمات المجال. وذلك حتى يتسلموا درجاتهم العلمية. وتعمد بعض المؤسسات إلى أن تولي اهتماما بالمقررات التي يدرسها الطلاب، ولكن الشائع أكثر أن تتجاهل الهيئة التدريسية الأمر وتسمح للطلاب بتبني نهج يتضمن تشكيلة واسعة ومتباينة من الموضوعات في مجالات الدراسة غير العلمية. واعتدت حين أحضر الاجتماعات التي يناقش فيها أعضاء مجلس الكلية المشهود لهم بعمق الفكر أن أطرح بين الحين والآخر سؤالا بسيطا على طاولة الحوار هو: ما التدريب الذي تريدون أن يتدرب عليه طلابنا خارج مجال التخصص؟».

وغالبا ما تأتي الإجابات على النحو التالي من دون تغيير: 1 - نريد لهم أن يكونوا في وضع أفضل من حيث الاتصال، خصوصا عند الكتابة والتأليف. 2 - نريد أن يتوافر لديهم تقييم أفضل لدور كل من العلم والتكنولوجيا في المجتمع، سواء في الماضي أو الحاضر. 3 - نريد أن تتوافر لديهم رؤية شاملة عن كل العلوم بحيث يتسنى لهم فهم كيف يتلاءم مجال تخصصهم مع المجالات الأخرى. (وتصادف أن حصلت على قائمة تكاد تكون مطابقة لهذه الأجوبة عندما أثرت السؤال نفسه مع علماء من قطاع الصناعة الخاص).

(*)Hans von Baeyer: Maxwell's Demon: Why Warmth Disperses and Time Passes

وبعد أن تستمر المناقشة مع زملائي في الكلية لفترة من الزمن ألقي عليهم سؤالا مختلفا تماما. إذ أقول: «وهو كذلك، إذا كان هذا ما تريدونه فما رأيكم في التفاوض مع قسم اللغة الإنجليزية بشأن إضافة فصل دراسي لمقرر مدته 3 ساعات يخصص للتأليف للمتخصصين في دراسة العلم؟» هنا، وعند هذه النقطة، ترى الجميع وقد خرجوا عن المسار ويقولون «لا، المقرر الدراسي لا يكاد يفسح مكانا لذلك».

بيد أنني أحيانا، وبدافع الرغبة في الإثارة، أبدأ في التمادي أكثر: أليس في الإمكان أن نعهد بمثل هذا المقرر الدراسي التقني إلى مدرسة عليا؟ ما رأيكم في خفض العدد اللازم من البرامج الاختيارية في العلم والرياضيات بحيث نفسح مجالا للكتابة أو لمقرر دراسي عن العلم والمجتمع؟ ويؤسفني هنا أن أقر بأنني على مدى عملي الأكاديمي، وعلى مدى ساعات لا حصر لها قضيتها في لجان المقرر الدراسي عجزت تماما عن دفع المناقشة بحيث تتجاوز هذه النقطة.

والجدير ذكره أن زملائي لا يعوزهم الذكاء وحضور البديهة، إن لديهم هدفا واضحا يشغل تفكيرهم: يريدون تخريج أفضل العلماء والمهندسين قاطبة قدر الاستطاعة. ونتيجة ذلك يركزون اهتمامهم على حشو المقرر الدراسي بأكبر كمية من المعارف الفنية، ويؤدي هذا، كما توضح المناقشة سالفة الذكر، إلى الحد من الساعات التي يمكن أن يقضيها الطلاب لاكتساب مهارات من خارج التخصص.

وأزعم أن هذا هو السبب في وجود العالِم النمطي غير الاجتماعي العازف عن كل شيء عدا بحوثه. ويؤكد الواقع العملي أن المقرر الدراسي شديد التخصص يضر ضررا بالغا بطلاب الدراسة العلمية، ذلك لأن أقل القليلين منهم هو من سيقضي كل حياته العملية عاكفا على طاولة المعمل أو شاشة الحاسوب؛ إذ سيتغير عمليا موقعهم في العمل ويبدأون في التفاعل مع الإدارة والجمهور، وهنا عند هذه النقطة ستكون مهارات مثل مهارات الاتصال أمرا غاية في الأهمية. زد على هذا أن النهج المنغلق على تعليم العلم والهندسة، الذي أشرنا إليه، من شأنه أن يخلق ظواهر من أشد الظواهر التي أعرفها غرابة، وهي الحقيقة التي أشرت إليها في الفصل الثالث، بأن العلماء العاملين يؤلفون فريقا هو من أكثر الفرق الأمية علميا في مجتمعنا.

وليسمح لي القارئ، بعد أن فرغت من كل ما ذكرت، بأن أبدي ملاحظة أخرى؛ إذ على الرغم من كل هذه الأنواع من القيود المفروضة على المقررات الدراسية فإن خبرتي توضح أن العلماء يشاركون في الثقافات الأدبية والفنية أكثر من أغلبية الجماعات الأخرى. اذهب إلى حفل موسيقي أو مسرح أو أوبرا في أي جامعة، سوف تشهد نسبة كبيرة من الحضور هم من الكليات العلمية. لدي انطباع عام - في الواقع - بأنه من المرجح أنك سوف تجد أن نسبة المشاهدين والحضور من الأقسام العلمية أعلى كثيرا من الحضور من أبناء أقسام الفلسفة أو اللغة الإنجليزية. ونلحظ أنه لسبب ما اكتسب كثيرون من العلماء - فيما يبدو - قدرة على تذوق الفنون، ربما بسبب ما تلقوه وهم لايزالون طلابا، من مقررات خاصة بالتذوق والتقييم الموسيقي.

وثمة تراث شعبي معين يدعم هذا الزعم؛ إذ يقال إن هناك رابطة أسطورية بين الفيزياء النظرية (وهي من أنشطة النصف الأيسر من المخ)، وبين الموسيقى (التي تعمل تأسيسا على النصف الآخر من المخ). وخير مثال يجسد هذه الرابطة قد نجده في أداة الكمان عند ألبرت آينشتين. بيد أنني شاهدت ما يكفي في حياتي لكي أدرك أن آينشتين أبعد من أن يكون استثناء. وأذكر أنه في أثناء تعاظم موجة الرقص الشعبي (الفولكلوري) خلال سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين، وقد كنت معلما للرقص ومُخرجا مسرحيا، اعتدت أن أجد أن جل الراقصين الذكور هم من العلماء أو الباحثين الرياضيين أو متخصصي برامج الحاسوب. ويذهب بي الظن إلى الاعتقاد أن ثمة نوعا من الراحة التي يستشعرها المرء عند الانتقال من نشاط عقلاني خالص إلى نشاط بدني.

ولكن ثمة سببا آخر يجعل العلماء يشعرون بأن من اليسير نسبيا عليهم تجاوز الفاصل بين الثقافتين، وهذا السبب في كلمة واحدة هو اللغة. وسبق أن أوضحت أن اللغة الطبيعية للعلماء هي الرياضيات، وهي لغة عالية التخصص تستلزم استخدام قدر كبير من التدريب. ونعرف من ناحية أخرى أن اللغة الإنجليزية هي اللغة الطبيعية للإنسانيات في أمريكا، وهي الشيء الذي نتعلمه جميعا في أمريكا وفي بريطانيا منذ الطفولة. معنى

هذا أنه إذا ما أراد عالم معرفة شـيء عن مسرحية لشكسبير (وهنا نعود إلى سي. بي. سنو) فما عليه إلا أن يلتقط المخطوطة أو (وهو الأفضل) أن يشاهد المسرحية. حقا ربما هذا لا يهيئ للشخص فهما عميقا للمسرحية، ولكن فقط مجرد وصف بسيط. ونشير إلى أن سنو حين سأل الحضور لم يكن يطلب من أي منهم فهما عميقا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية.

أحسـب أن هذا الفارق اللسـاني الطبيعي هو الذي يفسـر لنا وجود معيار مزدوج غريب يفصل بين الثقافتين. نحن نعرف جميعا أن كل شخص مشـارك في حفل غداء فكري مهيأ، كما هو متوقـع، لكي يتحدث حديثا فيه ذكاء وفهم عن رواية أو فيلم جديد، وليس عن أحدث نتائج تليسـكوب الفضـاء هابل أو عـن نظرية الأوتار. وأجد لزامـا أن أقول إنني كثيرا ما سـمعت كثيرين من زملائـي العلميين يعربون عن هـذا النوع من الغضب نفسـه الذي أشـعر به إزاء هـذا الموقف. إنه يبدو لي غيـر منصف. بيد أننـي مضطر إلى أن أقول أيضا إنه في حالة افتقاد نوع الإصلاحات التي أقترحها في الفصل الثاني عشـر فإنني لا أرى أن الموقف سوف يتغير في المستقبل القريب.

وماذا عن الوجه الآخر للفاصل بين الثقافتين؟ ليسـمح لي القارئ بأن أسـتهل بالإشارة إلى أنه مثلما يشارك كثيرون من العلماء في الفنون، فإن كثيرين من زملائي في مجال الإنسانيات والعلماء الاجتماعيين لديهم إلمام ومعرفـة بأحدث التطورات العلمية. مثـال ذلك أن دون هيرش، بالإضافة إلـى كونه مبتكر مفهوم المعـارف الأولية الثقافية، هو أيضا واحد من أكثر من شـاهدتهم فهما ومعرفة بالإنجازات العلمية والتكنولوجية على الرغم من واقع أنه أسـتاذ للغة الإنجليزية. كذلـك زميلي جيمس فيفنر James Pfiffner في جامعة جورج ماسـون، فإنه عالم في السياسة متخصص في دراسـة التحولات الرئاسية وحريص على أن يرسل إلي باستمرار جذاذات لكي أظل علـى اطلاع دائم على أحدث التطـورات في مجال تخصصي. عـلاوة على هذا لم أصادف إلا قليلا من المتغطرسـين المتكبرين، كالذين أثاروا غضب سنو بشدة منذ نصف قرن مضى. وربما سبب ذلك يرجع إلى أنني قضيت جل حياتي العملية داخل الولايات المتحدة.

وعلى الرغم من هذا كله، أحسب أن فكرة سنو الأساسية - وهي أن المشتغلين بالإنسانيات ممن هم على الجانب الآخر من الهوة الفاصلة بين الثقافتين يجهلون كثيرا عن العلم - هي فكرة صحيحة اليوم مثلما كانت كذلك في العام 1959. ويمكن للمرء أن يتبين أحد أسباب ذلك عندما يلقي نظرة على مستلزمات التخصص في الجانب العلمي في الجامعات الأمريكية، الجانب المثير في الشروط هو أن يتلقى العلماء والمهندسون برامج دراسية خارج مجال تخصصهم. ونلحظ أن هذه الشروط التي لم تتغير منذ أيام سنو تطالب، وبشكل شبه دائم، بأن يقضي الطالب سنة في تلقي مقررات في العلم. والجدير ذكره أنه عادة لا توجد مؤشرات تحدد محتوى هذه المقررات، ولذلك فإن برنامجا دراسيا عن تاريخ الحركة الأمريكية للحفاظ على البيئة يمكن في بعض المؤسسات أن يفي بالغرض، مثله مثل مقرر دراسي في العلم الطبيعي.

وليس عندي الآن اعتراض على تعلم تاريخ حركة الحفاظ على البيئة. ولكن برنامجا كهذا ينبغي ألا يشغل نصف مدة التعليم المقررة لتعلم العلم في الكلية، مثله مثل برنامج تعليمي متخصص في فن إضاءة المسرح، وهو برنامج دراسي قيِّم، ولكن يتعين ألا يشغل نصف وقت العالم للاطلاع على الإنسانيات.

والجدير ذكره أن عدم اطلاع المشتغلين بالإنسانيات على العلوم أفضى، على نحو غريب، إلى إضعاف الحياة الفكرية الأمريكية. مثال ذلك أننا ونحن عاكفون على تجميع مادة «قاموس المعارف الأولية الثقافية» أرسلنا نسخا إلى كثيرين من زملائنا (أصدقاء أو نقاد). وكانت نسبة مئوية كبيرة من هؤلاء أعلام فكر مشهورين - مؤرخين ومعلمين ومعلقين سياسيين وغيرهم - ورد أكثرهم بإرسال دراسات تحليلية عميقة ومطولة تناولوا فيها عملنا الذي نحن بصدده. ولكن ما أذهلني عند قراءة هذه الإجابات أنه في الوقت الذي قدم فيه العلماء تعليقات تناولت هيئة التحرير، عمد آخرون إلى الاسترسال في تفصيلات كثيرة عن قسمي الأدب والسياسة، ثم التعقيب على هذا بجملة اعتذار من مثل «ولكن من الطبيعي أنني في الحقيقة لست مؤهلا للحديث عن العلم». وحقيقة فإن هؤلاء الأعلام

المشهورين تعوزهم الثقة لتحليل العلم بالطريقة نفسها التي يحللون بها كل جوانب الثقافة الأمريكية، مما يؤكد اطراد الهوة الفاصلة بين الثقافتين في عصرنا الحديث شأن كل شيء أعرفه في الحياة.

الثقافتان اليوم: انعطافة ما بعد الحداثة

لتكن الحياة الأكاديمية على ما هي عليه، فثمة أيضا رؤية جديدة مطروحة بشأن الهوة بين الثقافتين ظهرت خلال العقدين الأخيرين. رؤية لم يكن ليحلم بها سنو. وأشير هنا إلى شيء تطور، إلى ظاهرة تسمى حروب العلم في أواخر تسعينيات القرن العشرين.

ولا عليك إن لم تكن قد سمعت شيئا عن هذه الحروب، وذلك لأن أغلبية العلماء لم يسمعوا عنها أيضا (وكثيرا ما تساءلت في دهشة عما إذا كان بالإمكان القول بأن ثمة حربا قائمة بينما أحد طرفيها لا يدري بها)، يمكن القول في البداية إن حروب العلم نشبت بفعل فلسفة ما بعد الحداثة غير التقليدية التي سرت كالعدوى داخل أقسام الإنسانيات في الجامعات الأمريكية في أواخر القرن العشرين (ويقال لي إنها الآن في سبيلها إلى الخمود). وتأسيسا على النظرية الأدبية الفرنسية فقد أكدت وجهة النظر هذه البناء الاجتماعي للمعرفة، ومن ثم تنكر عادة صواب فكرة الحقائق الموضوعية. ونعرف أن أشد دعاتها تطرفا (وما أكثرهم) قد انحدروا إلى صورة مبتسرة من الذاتية أو الأحادية المطلقة؛ مستخدمين حججا من النوع الذي استخدمه صمويل جونسون حين رفس صخرة بقدمه قائلا «ولهذا أنا أفندها [فلسفة الأسقف بيركلي] (*)» (3).

وسبق لي أن أوضحت في الفصل الأول أن العلم مختلف عن الأنشطة الفكرية الأخرى، لأنه يعتمد على حكم منزه للأفكار الطبيعية ذاتها. فبالنسبة إلى العالِم، بمجرد أن تنطق التجربة، ينتهي النقاش. وهذا الجانب تحديدا من العلم. الذي أدفع بأنه لب المشروع برمته. هو ما يهاجمه فكر ما بعد الحداثة.

(*) جورج بيركلي (١٦٨٥ - ١٧٥٣)، هو فيلسوف وأسقف أنجليكاني إيرلندي كان من أهم مساندي الفلسفة اللامادية أو الجوهرية التي تنفي وجود شيء اسمه المادة. وترى أن العالم المادي، كما يفهمه البشر، لا يعدو كونه فكرة في عقل الله. [المترجم].

وأود أن أقــول، قبل أن نسترســل: إنني لا أشــك حقيقــة في أن ثمة مكونــا اجتماعيا في العلم. إن العلماء يتحدثون بعضهم إلى بعض، وتتطور أفكارهم وسط سياق اجتماعي. زد على هذا أن العلم ثاوٍ في بطن الثقافة الأوســع نطاقا، ومشــارك في المفاهيم المســبقة وأنماط الفكر السائدة. مثال ذلك أن إســحق نيوتن لم يكن بوسعه أن يتصور مبادئ النسبية بقدر ما لم يكن بوســعه تأليف مقطوعة من موســيقى الراب. علاوة على هذا فإن العمليات الاجتماعية والسياســية يمكن أن تؤدي إلى تسريع أو إبطاء تقــدم مجال معين من مجالات العلــم. ويكفي - كمثال - أن نتأمل الموقف الأمريكي الراهن من موضوع الخلايا الجذعية. ومن ثم لا يوجد أدنى شك في أن المناخ الاجتماعي العام له تأثيره في العلم.

ونظرا إلى أن العلماء يشــكلون - فيما بينهم - مجتمعهم الخاص بهم، هنــاك أيضا قيود داخلية على البحوث داخل كل مبحث علمي، وهي قيود ليست لها علاقة كبيرة بمتطلبات العلم ذاته. مثال ذلك أنه في مطلع القرن الواحد والعشرين أصبح شبه مستحيل على العلماء الذين اعتادوا التشكك في عقيدة احترار كوكب الأرض أن ينشروا أعمالهم في كبريات الصحف. وســاد اتجاه عام بأن التعبير عن الشــكوك حول التنبؤات الذائعة يستغله السياســيون لتجاهل تحذيرات عموم الباحثين. ويميل مثل هذا الســلوك إلى أن يؤدي إلى نتائج عكســية، وإن كنت أجد فيه شــخصيا ســببا للعار يلحق بالمســؤولين عن التحرير. ونعــرف أن من دواعي البهجة الكبرى في الحياة العلمية أن صحيفة مهمة مضطرة إلى تغيير سياســتها في مواجهة معلومــات كاســحة. وحري بنا أن ندرك أن المحررين هــم في نهاية الأمر علمــاء، وأنهم مثل جميع العلماء ســيقبلون عمليا، ولو على مضض، حكم العالم الطبيعي.

وأذكــر حادثــة وقعت في ثمانينيــات القرن العشــرين توضح لي حدود السيطرة الاجتماعية على العلم. حدث هذا وقت بداية تصدر الفكرة القائلة إن حيــوان الديناصور انقرض تحت تأثير كويكــب كبير. وتحتل هذه الفكرة الآن مكانا لها في المراجع الدراسية. ولكن كثيرين من الباحثين الجيولوجيين آنذاك رأوا أنها فكرة تثير اضطرابا عميقا. ويرجع قلقهم إلى سبب تاريخي

في الأســـاس. ونبعت صراعاتهم الأساســية في مجال علمهم من محاولات قدامـــى الجيولوجيين الذين حاولـــوا ترجيح ومناصرة فكـــرة تقول بالتطور التدريجي لســطح الأرض. وهذه فكرة واجهت معارضة شرســة من القائلين بأن الأرض شــهدت أحداثا كارثية مثل طوفـــان نوح. وإذ حقق الجيولوجيون انتصارا كبيرا في هذه المعركة التاريخية بعد جهود جبارة خلال القرن الثامن عشـــر فقد كانوا حريصين أشـــد الحرص على ألا يسمحوا لأي كان. خاصة علماء الفيزياء. بتسريب نوع آخر من الكوارث في تاريخ كوكب الأرض.

وبســـبب هذه البنية الذهنية الفلســـفية، حدث كثير من مظاهر التردد بشـــأن نشـــر كتب ذات علاقة بتأثير الكويكب. وأذكر على سبيل المثال أن مجلـــة Smithsonian Magazine اضطرت إلى ســـحب مقال يتعلق بهذا الجدل بســـبب أن أحد كبار المحررين بالمجلـــة، وهو عالم إحاثي، اعترض على أن تنشر المجلة موضوعا شبهه بمثلث برمودا.

علـــى أي حال، وقتما احتدم الجدل وبلغ ذروته كنت أشـــارك في حلقة بحث تحدثت فيها عالمة معنية بعلم اجتماع العلم. عرضت دراسة تفصيلية عن المناقشـــة السياســـية التي تضمنتها عملية الترويـــج للفرض الخاص بالكويكـــب. من تحدث مع مَنْ مِنَ المحررين، ومن حاول إعاقة نشـــر ورقة بحـــث ما، وما إلى ذلك. وبدا تحليلها مصداقـــا حقيقيا للمثل القديم عن صناعة المقانق: الجمال في تذوقه لا في مشاهدة عملية إعداده... أوليس جميلا في أغلب الأحيان أن نشاهد تفاصيل ميلاد فكرة علمية؟

والمثير أن أحدا من العلماء في القاعة لم يبدِ دهشة إزاء التحليل الذي قدمته. إذ كنا جميعا على وعي كامل بأن مجتمعنا له نهجه المميز في سياســـته. ولكن ما صدمنا حقا هو أن المتحدثة بدت لنا كأنها ترى أن الاســـتغراق في السياســـة هو الذي فرض صدق الغرض الخاص بالكويكب. وتضاعف شعورنا بإنكار ما ذهبت إليه، حتى أن أحد كبار علماء الإحاثة لم يستطع صبرا وتكلم أخيرا. وقف ووجَّه إليها سؤالا: «هل يعرف علماء الاجتماع أن هذه المعلومات مهمة؟».

يبين هنا أن السياســـة فـــي رأي العلماء الحاضرين فـــي القاعة تمثل تفاصيـــل غير جوهرية بحيـــث إن تأثيرها أضعف ما يكون بالنســـبة إلى الفـــرض الخاص بالكويكب. إن ما يعنينـــا هو تراكم المعلومات التي دعمت

الفرض، ذلك لأننا عرفنا أن الفوز يكون للمعلومات في نهاية المطاف. بيد أن زميلتنا صاحبة اتجاه ما بعد الحداثة ترى أن المعلومات (حتى إن بدت في غير موضعها) تمثل جانبا غير جوهري في العملية. وبدا أنها تؤمن بوضوح بأن ما حفز المجتمع العلمي على قبول هذا الفرض هو كل المكالمات الهاتفية التي جرت من وراء الكواليس مع المحررين وما إلى ذلك.

وهكذا تتمخض هذه المعلومات بشأن الثقافتين عن الحاجة إلى التساؤل بشأن ما ترى المجتمعات المختلفة أنه مهم من وجهة نظرها. ويمكن القول - بوجه عام - إن العلماء لا يعترضون على أن يدرس الناس أساليب وعناصر العمل الداخلية في مجتمعنا. هذا على الرغم من أن أغلبنا، إذا ما صدقنا القول، يجد في هذا بعضا من أسباب الضجر. ونلحظ أن من تأسرهم سياسة العمل والعاملين لن يختاروا في النهاية على الأرجح الاشتغال بالعلم. ولكن المعلومات هي الشيء المهم بالنسبة إلينا في النهاية. ونحن نصر على وجود فارق أساسي بين شيء مثل القانون الثاني للديناميكا الحرارية والاتفاق الاجتماعي على أن الضوء الأحمر في المرور يعني «قف».

ولكن من يشغلون الجانب الآخر في حروب العلم، أو على الأقل من هم في الطرف الأقصى منه، غالبا ما ينكرون وجود فارق حقيقي بين الاثنين. عندهم أن العلم، بكل صوره، هو بناء اجتماعي مثله مثل قوانين المرور. ويشعر العلماء بإحباط كامل تجاه هذه النظرة. وأدى هذا الشعور بأحد علماء الفيزياء إلى دعوة خصم له في أثناء حوار معه - إلى عمل اختبار للبناء الاجتماعي للجاذبية بالقفز من شرفة بناء مرتفع حيث يجري الحوار.

وأشعر بأنني مدين لأستاذ اللغة الإنجليزية بجامعة أوكلاند البروفسور بريان بويد نظرا إلى دراسته التحليلية الرائعة لهذه المشكلة في مقال له في العام 2006 نشرته مجلة الباحث الأمريكي The American Scholar؛ إذ لخص مخطط ما بعد الحداثة في ضوء مسلمتين:

1- لا قاعدة أساسية antifoundationalism، أي المذهب القائل بأنه لا شيء، بما في ذلك العلم، بوسعه أن يقوم على أساس من حقيقة محصنة ضد النقد والهجوم.

2- الاختلاف، وهو المبدأ القائل بأن جميع أحكام الحق والصدق نابعة وفـق معايير محلية، ومن ثم لا يمكـن أن تكون حقائق كلية (وهذا الأخير هو ما أسميه على نحو مجمل البناء الاجتماعي).

ونحـن في إمكاننا الدخول إلى لب الموضوع إذا ما تركنا جانبا القضية المنطقيـة الخاصة بادعاء حقيقة كلية، وأن لا مجال لصواب الزعم بوجود مثل هذه الحقيقة. وإذا ما عدنا إلى تفسـيري السـابق للمنهج العلمي في الفصل الأول لوجد القارئ أن الجوهر الحقيقي في هذا المنهج هو أن العلم محوره الاختبار المطرد للأفكار. معنى هذا أنه لا يوجد الآن في العلم، ولم يكن هناك قط في الماضي، شـيء اسـمه الحقائق الكلية للعلم، بل يوجد فقـط اقتراب أفضل وأفضل باطراد نحو الواقع. معنى هذا أن مقولة «إنه لا قاعدة أساسية ثابتة» هي إلى حد كبير جزء من العلم، بحيث إننا لم نعد نتناولها بالحديث. ويتهم بويد في الحقيقة أصحاب ما بعد الحداثة بأنهم «يكتشـفون» شـيئا خاصا بالعلم هو في جوهره جزء من صلب العلم منذ زمن طويل. ويتتبع هذه الفكرة ويعود بها إلى داروين. وسـوف أعود بها أنا إلى أبعد من ذلك، إلى نيوتن بكل تأكيد، وربما إلى ما قبله أيضا.

وجدير بالذكر أنني حين قرأت مقال بويد ومضت فجأة في ذهني الأسباب التي من أجلها شعرت بغضب شديد حين استمعت إلى تلك العبارات المغرورة على لسان أصحاب ما بعد الحداثة في كثير من الندوات والمؤتمرات. وهذا هو الشـعور نفسـه الذي ينتابك حين ترى صبيا في بواكير المراهقة يزهو بنفسه كأنه أول من اكتشف الجنس في تاريخ البشرية. ألا ينتج العلم حقائق خالـدة لا تقبل التغيير؟ إن طلابي سـوف يجيبون عـن ذلك بقولهم: «آه... طبعا». لست في حاجة إلى حقيقة أبدية خالدة لإحداث تحورات عميقة في الوضع البشري أو للوصول إلى فهم واسع رحب الأفق عن الكون الذي نعيش فيه. إن مقارباتنا الراهنة كافية تماما في هذا الصدد، وشكرا لك.

ولنا أن نقول بوجه عام، وكما أسـلفت، إن حروب العلم أثرها واهٍ جدا فـي العلوم ذاتها. وهذا موقف غريب إذا ما فكرت فيه. وقد اعتدت دائما أن أستشعر بعضا من الغرابة لوجود مجلات بحث علمي معترف بها تحمل أسـماء مثل سوسـيولوجيا (علم اجتماع) العلم، وفلسفة العلم. ولكن هذه

الميادين ليس لها أي تأثير في عملية العلم ذاته، لسبب بسيط هو أن علماء قليلين هم من يولونها قدرا كبيرا من اهتمامهم.

ويرجع هذا إلى أسباب كثيرة أحدها أن بعضنا، ممن حرصوا على تأمل أدب ما بعد الحداثة، لم يتأثروا بما عاينوه في قليل أو كثير. واعتدنا أن نجد - في أحيان كثيرة - تحليلات مدفوعة بأجندة سياسية يسارية بوجه عام، مقرونة بمعلومات انتقائية بهدف تعزيز مواقف محددة مسبقا. مثال ذلك أن كثيرا من الدراسات الاجتماعية عن الجماعات التجريبية في مجال الفيزياء عالية الطاقة تضمنت معلومات مصدرها فكر نسوي، حيث تكشف عن أن أداء الفرق هو أداء «ذكوري» و«تنافسي». ونظرا إلى أنني شاركت مع جماعات كثيرة من هذه الجماعات في أثناء عملي، أراني مضطرا إلى أن أصرح بأنني لا أرى في هذا التحليل تلك الفرق التي أعرفها. هل أعضاء هذه الجماعات متنافسون؟ نعم بكل تأكيد، ولكنهم أيضا متعاونون. هل هم عدوانيون في علاقاتهم بعضهم ببعض؟ نعم يقينا، ولكنهم أيضا داعمون بعضهم لبعض. صفوة القول إن هذه الجماعات مثلها مثل أي من الجماعات البشرية الأخرى المشاركة في أداء مهمة جمعية معقدة. إن المرء إذا شاء - متعمدا - البحث عن نمط سلوكي محدد فسوف يجده على الأرجح بغض النظر عن نمط هذا السلوك. وإذا ما توقف عند هذا الحد، دون البحث عن أنواع أخرى من السلوكيات، فإنه سيحصل في النهاية على صورة شائهة عما يجري في الواقع. وأنا في الحقيقة كلما قرأت هذه الدراسات فإنني أتساءل: أهل هذا ما يمكن أن تشعر به الذرة إذا كان بوسعها أن تقرأ كتابا مرجعيا في الفيزياء؟ وأقول ختاما إن أغلبية العلماء أكثر ميلا إلى تجاهل انتقادات ما بعد الحداثة، وذلك لسببين: الأول أنها تبدو لنا كأنها تركز على قضايا هامشية. والثاني أنهم حين يحاولون وصف أشياء نعرفها ونألفها نحن العلماء فإنهم يخطئون.

وهناك عمليا جانب آخر من حروب العلم أتردد في التطرق إليه، ولكن له دورا في تحديد موقف العلماء تجاه جماع مشروع ما بعد الحداثة. وأقول من دون مجاملة إن ثمة شعورا بأن معايير الدراسة في هذا المجال ليست عالية جدا.

وأذكر أن آلان سوكال، وهو عالم فيزياء بجامعة نيويورك، أصبح معنيا أشد العناية بهذا الجانب مما بعد الحداثة، ما دفعه إلى أن يجري تجربة بسيطة: جمع عددا من الصفحات لبحث يحمل عنوان «اختراق الحدود: نحو تأويل تحولي للجاذبية الكوانتية». ونلحظ أن ورقة البحث مكتوبة بأسلوب ما بعد الحداثة المتغطرس والمسيَّس، ومن ثم كان محاكاة سافرة. وبدا مثيرا للضحك لأقصى حد. وأذكر للحقيقة أنني لا أعرف عالم فيزياء تأتى له أن يقرأ أكثر من فقرة من دون أن ينفجر ضاحكا، حتى الهوامش كانت مضحكة. وعلى أي حال أرسل سوكال ورقة البحث إلى صحيفة تنتمي بفكرها إلى فكر ما بعد الحداثة اسمها «سوشيال تكست» Social Text، وهي التي قبلت نشرها. وبعد أن ظهر المقال مطبوعا كتب سوكال مقالا آخر عنوانه «تجارب عالم فيزياء مع الدراسات الثقافية» وأرسله إلى صحيفة منافسة هي صحيفة «لينغوا فرانكا» Lingua Franca. وأعلن سوكال في مقاله هذا أن الأمر كله خدعة. وواضح أن الصحيفة كانت سعيدة جدا لحصولها على مقال لعالم فيزيائي جشم نفسه مشاق تعلم لغتها، ما حداها على نشر المقال من دون السؤال عما إذا كان فيما يقوله أي معنى مفهوم.

ولكن ما أذهلني من عواقب هذه المغامرة كلها هو رد فعل محرري صحيفة سوشيال تكست ومن يدعمونها. إنهم بدلا من أن يشغلوا أنفسهم باستبطان حالهم وفهم أنفسهم وتوجيه بعض الأسئلة الأساسية - كأن يسألوا أنفسهم، على سبيل المثال: لماذا لم يعرضوا المقال على عالم فيزياء. قنعوا بلوم سوكال لأنه «أساء استخدام ثقتهم». وأكدت هذه القصة - في نهاية المطاف - الرأي السائد داخل المجتمع العلمي، وهو أن النقد بعد الحداثي برمته غير جدير بأن نأخذه مأخذا جادا.

وهذا سيئ أشد السوء، وذلك لأن مفكري ما بعد الحداثة استسلموا في فورة حماستهم لفكرة أن العلم، شأنه شأن النقد الأدبي، تحكمي وذاتي، وبذلك فإنهم عمليا عمدوا بذلك إلى توسيع الهوة بين الثقافتين من دون ضرورة. ولنا أن نقول في إطار منظور تاريخي إن العلماء من أصحاب الفكر المتميز أولوا اهتمامهم لكل ما قاله الفلاسفة عن مبحثنا الدراسي. ونحن اليوم أيضا كثيرا ما نسمع إحالات إلى مفكرين من أمثال كارل بوبر

وتييار دي جاردان، وذلك حين يشارك العلماء في حوارات واسعة النطاق. والجدير ذكره أن الهوة الراهنة بين العلوم والإنسانيات لا تفيد أيا من المجالين بل إنها تسد الطريق أمام أحد مصادر النمو للاثنين.

وأحسب أن القارئ لن يدهش حين يراني أوجه اللوم إلى المفكرين الإنسانيين بعد الحداثيين لمسؤوليتهم عن هذا التقسيم الحديث. إن إحدى الأفكار الأساسية في النقد الأدبي بعد الحداثي هي «أن لا شيء خارج النص». معنى هذا عندي أنهم يؤمنون بأن الأسلوب الصواب لتحليل أي رأي هو النظر فقط إلى ما هو مسطور عن هذا الرأي، وأن يحدث هذا بخاصة بغية الكشف عن الانحيازات والأهواء التي يخفيها المؤلف ويسكت عنها. ولكن العلماء يرون أن السبيل لاختبار أحكام ما هو إجراء التجارب لاستبيان صدقها من عدمه. ومن ثم يبدو لي أن الوقوع في أسر النص أمر غير ذي صلة بالموضوع على أحسن الفروض، وغريب شاذ في أسوأ الأحوال.

وفي رأينا أن الكلمات المستخدمة عمليا لتقديم زعم ما، من مثل المكالمات الهاتفية مع المحررين، والتي أشرنا إليها سابقا، لا علاقة لها تقريبا بصوابه، ولا للمفاهيم المسبقة الخفية علاقة بذلك أيضا. إن المهم هو الزعم نفسه، حتى إن كان صاحبه رجلا أبيض عنصريا، مصابا بخوف من المثلية homophobic، وكارها للنساء، أو فاقدا للحس والشعور (هل من أوصاف أخرى تركتها؟). إن صدق الرأي أو زيفه رهن قدرته على الثبات أمام الطبيعة. أو لنقل بعبارة أخرى إن أي زعم علمي بمجرد أن ينطق به صاحبه يتعين فصله عن قائله، وعليه أن يثبت أو يسقط بذاته. وتفسر هذه الحقيقة الواقعة أحد جوانب السلوك العلمي الذي كثيرا ما يحير غير المشتغلين بالعلم. والجدير ذكره أن بالإمكان أن يشتبك عالمان في حوار صاخب بشأن فكرة بعينها تتعلق بنظرية أو تجربة ما ثم يخرجا ليتناولا غداء مشتركا بوصفهما صديقين حميمين. وسبب ذلك أن المحاجاة خاصة بزعم لا علاقة له بشخصية من يقدمونه ويطرحونه للبحث، ولهذا لا تأخذ المحاجاة صفة شخصية (ومن الطبيعي أن نقول: نظرا إلى أن العلماء بشر مثلهم مثل بقية البشر فقد يحدث أحيانا أن تتطور هذه المواجهات وتتحول إلى مواجهة شخصية. ووجهة نظري أن هذا ما ينبغي ألا يحدث، وغالبا ما لا يحدث).

ويفسـر لنا تركيز ما بعد الحداثة على الكلمات شيئا آخر يثير قلق العلماء. إنني حين أطالع ما يكتبه كتاب ما بعد الحداثة عن موضوعات مثل النسبية أو ميكانيكا الكوانتم (وهي موضوعات أعلِّمها بشكل منتظم في قسم الفيزياء في مؤسستي) أجد المناقشة غريبة؛ إذ يبدو لي أن المؤلفين يعرفون بعضا من الكلمات الطنانة الرائجة التي تتضمنها هذه المجالات، ولكنهم - على ما يبدو - لا يمتلكون ناصيتها. وحين أشرع في تصفح المراجع أكتشف أن الكلمات العلمية الواردة هي كلمات وعبارات عامة رائجة وليست من أساسيات العلم.

أرجو ألا يسيء القارئ فهمي، إذ إنني لست ضد شيوع ورواج العلم. وأنَّى لي أن أكون كذلك وقد اجتهدت بنفسي كثيرا من أجل هذا الهدف، وأريد أن أدفع، بالإضافة إلى ذلك، بأن مثل هذا التعميم له دور مهم في نشر ورواج المعارف الأولية العلمية. ولكن ثمة مسافة طويلة فاصلة بين توافر المعلومات الأولية العلمية للمواطن العادي وبين عرض دراسة علمية تستهدف حضورا من أكاديميين متخصصين. ومن ثم لنا كل الحق في ضرورة أن تعتمد الثانية دون الأولى على معايير رفيعة المستوى.

ويبدو لي أن أقل ما يمكن أن نتوقعه من شخص يزمع الحديث عن الدلالات الفلسفية العميقة لميكانيكا الكوانتم هو أن المتكلم يفهم ما هي ميكانيكا الكوانتم. وكما أوضحت خدعة سوكال، فإن إصرار فلاسفة ما بعد الحداثة على أنهم مؤهلون للحديث عن موضوعات صعبة، تأسيسا على قراءات لكتب شعبية رائجة، من شأنه أن يجعل العلماء يحجمون عن أخذهم مأخذا جادا. ولهذا أعود لأقول إننا نعيش هوة بين ثقافتين، بيد أن العلماء هذه المرة هم من يعمدون، ولديهم المبررات الكافية، إلى إغفال بعض، إن لم نقل كل، ما يقوله أصحاب الدراسات الإنسانية.

المعارف الأولية العلمية تسد الهوة

أحسب أن هذه الهوة التي صنعتها فلسفة ما بعد الحداثة أقل خطرا من تلك التي كانت موجودة أيام سنو. ويرجع ذلك إلى أمر واحد هو أنها تطورت خلال فترة أقصر، وضمت فقط عددا صغيرا نسبيا من

الباحثين من الجانبين. وثمة سبب آخر ذكرته فيما سلف وهو إحساسي بأن الانعطافة بعد الحداثية برمتها على الطريق لتصبح في عداد الماضي في كثير من المباحث العلمية. ولكن يبدو لي واضحا كل الوضوح أن سنو كان بصدد أمر مهم، أمر لاتزال أصداؤه ودلالاته وتأثيراته ماثلة في التعليم اليوم.

وليسمح لي القارئ بأن أبدأ بتعليم العلماء والمهندسين، وأعود لأقول ما قلته سابقا، وهو أن النظام التعليمي الحالي ينطوي يقينا على جوانب أتمنى تغييرها، بيد أنني أعتقد - فيما يتعلق بمسيرتنا من أجل سد الهوة الثقافية - أننا لم نتعثر كثيرا فيما يخص هذا الجانب من المعادلة. إنني لا أرى في محيط العلماء أي بحث منهجي على مستوى المعارف الأولية الثقافية يناظر الدراسات التي ناقشتها في الفصل السادس، الخاصة بالمعارف الأولية العلمية. بيد أنني، على الرغم من ذلك، إذا ما تأملت النظام التعليمي إخال علماء المستقبل سوف يتلقون، بنجاح، قدرا كبيرا من التدريب نفسه في الإنسانيات وعلماء الاجتماع شأن أي إنسان آخر. مثال ذلك أن باحثا كبيرا في الفيزياء سوف يطلع على قدر كبير من الأدب مثله مثل عالم الاجتماع، وكذا عالم الكيمياء سوف يطلع على قدر كبير من علم الاجتماع على مستوى الباحث الكبير في الأدب. ويذهب بي الظن، بناء على ما سبق، إلى أنه إذا ما، وعندما تتحقق وتكتمل الدراسات الخاصة بالمعارف الأولية الثقافية، سوف يتحسن أداء العلماء ويعادلون في إنجازهم غيرهم من طلاب الجامعة.

بعد أن فرغت من هذا أود أن أضيف . على عجل . أنني لا أعتقد أن أيا من طلاب الجامعات الأمريكية اطلع على قدر كاف من الإنسانيات أو العلوم الاجتماعية، وثمة قصص مروعة عن ذلك، مثل قصة الطالب الذي ظن أن تورنتو هي عاصمة إيطاليا . ولا ريب في أن هذه القصص ترجع في أساسها إلى مثل هذا السبب. ونقول من باب الإنصاف إن هذه المشكلة ذائعة في كل ميادين الدراسة. ونقول في عبارة أخرى، لا شيء خاصا يتعين تغييره في تعلم الإنسانيات والعلوم الاجتماعية لمصلحة علماء ومهندسي المستقبل دون أي من الدارسين الآخرين.

ولكن أعود لأســأل سؤالا أكرره باســتمرار في هذا الكتاب، وهو: ماذا عن الأغلبية الســاحقة؟ ماذا عن تعلم العلم بالنسبة إلى غير العلماء؟ أود أن أؤكــد أن هــذه الفئة لم تتلــق الخدمة الجيدة من النظــام الراهن. إذ يتخرج الطلاب وحصادهم شــذرات معرفية عن العلمَ، ثم يجدون طريقهم إلى المجتمع حيث يتعين عليهم إصدار قرارات في قضايا تتضمن مجالات بحــث لم يطلعوا عليها، فكيف لنــا أن نتوقع من امرئ أن يدلي بتعليق فيه ذكاء وفهم عن أحدث نتائج تليســكوب الفضاء هابل، أو عن مكانة نظرية الأوتار، إذا كان كل حصاد قراءاته عن العلم لا يتجاوز برنامجا تعليميا مثل كتاب المبادئ الأولية لتعليم الجيولوجيا والمعروف باسم «جيولوجيا 101».

وأعتقد أن أفضل سبيل لســد الهوة الفاصلة بين الثقافتين هو التيقن من أن جميع الطلاب، بمن فيهم طلاب الجامعات، درسوا الإطار الأساسي للمعارف التي نسميها المعارف الأولية العلمية. وأحسب أنه هنا، وهنا فقط، ســوف يحتل العلم مكانه اللائق والصحيح تاليا لبقيــة المباحث الفكرية، باعتباره جزءا أصيلا من ثقافتنا.



5

المعارف الأولية العلمية: برهان من علم الجمال

«إذا اتجهنا بمناظيرنا من التلسكوبات بعيدا عن مجموعتنا التي تمثل بيتنا الصغير الدافئ، فسوف نرى سلاسل غائمة من المجرات، ممتدة في منتصف الكون، وفي داخلها نجوم متنجرة ومجرات وليدة تنفث طوفانا من الطاقة لا يمكن تخيله. ترى من يوازن بين هذا الجلال المهيب والرؤية الفقيرة بالعين المجردة؟»

المؤلف

يبدو لي، ولأسباب لم تتضح لي تماما، أن ثمة اعتقادا تاريخيا بضرورة وجود صراع دائم بين العلم والفنون. وإذا تأملنا هذا الرأي فسنكتشف أنه أمر يصعب فهمه. إذ نعرف في النهاية أن كلا من المبحثين زاخر بمبدعين على مستوى رفيع، عاكفين على أداء مهام شبه مستحيلة، وهي محاولة استكناه معنى الكون. وهنا قد يرى المرء أن الأولى أن يتحقق نوع من التعاطف المتبادل بين الاثنين على أقل تقدير. ليس معنى هذا إنكار أي فوارق بينهما، هناك فوارق بالفعل. ويؤكد باحثون كثيرون، أن العلم في جوهره إنجاز عام يعتمد، على الأقل من حيث عرض النتائج، على الاستدلال المنطقي، بينما الفنون

تجمع بين كونها أكثر خصوصية وأكثر باطنية. ولعل هذا هو ما ألهم عالم البيولوجيا الفرنسي كلود برنار حكمته البليغة التي تقول: «الفن هو أنا، أما العلم فهو نحن».

والشيء اليقيني أن الصورة النمطية في الأذهان عن العالم والفنان تكون على النحو التالي: العالم حابك لباسه، أو نراه مرتديا سترة المعلم ويتحدث بأسلوب منطقي، بينما الفنان متحرر غير متمسك بالتقاليد في ملبسه وشكله، لا تخلو سترته من بقع الألوان فضلا عن أنه مزاجي. وإذا كان الواقع يؤكد أن هذه الأنماط محدودة في الحياة الواقعية فإن هذا لا يغير من حقيقة مؤكدة، وهي أنها أنماط موجودة. والسؤال هو كيف نتعامل معها في ضوء المعارف الأولية العلمية.

وأريد أن أقدم في هذا الفصل مقترحين يناقضان كلا من الغرض الخاص بالأنماط والصراع التاريخي المزعوم: (1) أن المفاهيم «المعتدلة المألوفة» عن الجمال كان لها دائما دور مهم في العلوم؛ (2) إن توافر فهم للعلم يمكن أن يؤدي عمليا إلى تحسن التقييم الجمالي لدى الشخص العام بشأن جمال كل من الطبيعة وأعمال الفنانين، بل ويمكن في بعض الحالات أن يكون عاملا مساعدا للفنانين أنفسهم. أو لنقل بعبارة أخرى، إن علم الجمال لا يمثل فقط جزءا مهما من العلم، بل إن نمط المعارف التي نسميها المعارف الأولية العلمية يمكن أن يمثل هو أيضا جانبا مهما من الخبرة الجمالية ذاتها.

جدير بالذكر هنا أن المقترح الأول القائل بأن «مفهوم الجمال - أي المعايير الجمالية - ليس دخيلا على العلم» قد يبدو غريبا إلى حد ما في نظر كثيرين. إنهم كثيرا ما تصيبهم الدهشة إذا عرفوا أن كثيرا ما يمكن أن نسمع علماء يتحدثون عن الجمال باعتباره جزءا متكاملا وواحدا مع مبحثهم الخاص، وسوف أدفع أن مصدر هذه الدهشة واقع أن استخدام المعايير الجمالية عملية ثانوية في أعماق العلوم، وهو ما لا يكاد يحدث أبدا عندما نتناول موضوع العلم في أحاديثنا العامة.

ولقد كان المقترح الثاني موضوعا لبعض الحوارات التاريخية، خصوصا في أوج الحركة الرومانسية خلال القرن التاسع عشر. مثال ذلك أن بعض الشعراء زعم أن المعارف العلمية يمكن عمليا أن تدمر قدرتنا على تقييم

المميزات الجمالية للعالم. وحتى أكون أمينا أقول: إنني لم أصادف قط في حياتي فنانا أو موسيقيا أو راقصا ساوره مثل هذا الشعور، لكن القصائد موجودة وتستثير مشاعري بحيث لا أستطيع أن أقاوم رغبتي في أن أقول شيئا عنها. وسوف أؤكد أن العلم أبعد شيء عن أن يكون عائقا، بل هو عون حقيقي لنا في التقييم الجمالي للطبيعة. أكثر من هذا أن نوع المعارف العلمية، التي نذهب في أفضل تقديراتنا إلى أنها تؤدي إلى تحسن تقييمنا الجمالي للعالم، هي تحديدا المعارف ذاتها التي نحن في حاجة إليها للعمل كمواطنين نشطين وواعين، ألا وهي نمط المعارف التي سميناها المعارف الأولية العلمية.

أخيرا سوف أختم المناقشة ببعض التعليقات على المساعدة المباشرة التي يمكن للعلم والتكنولوجيا أن يقدماها لممارسات الفنان في حياته الفنية.

الجمال في العلم

الجمال في عيني المشاهد، وقد يحتاج المرء أحيانا إلى بعض التدرب ليراه. وحيث إنني هاو مغرم مدى حياتي بكرة القدم، فإنني كلاعب ومشاهد أرى أن من اليسير نسبيا علي أن ألتقط التفاصيل - أو لنقل جمال اللعب - في الصراع بين لاعبي قلب الهجوم، وهو ما يبدو في نظر زوجتي ضربا من العشوائية، لأنها هاوية جديدة ساذجة. ونجد من ناحية أخرى أنني حين أشاهد لعبة رياضية غير مألوفة لي في الأوليمبياد - مثل لعبة التزلج على الجليد المعروفة باسم الكرلنغ - أفتقد أي تقدير لجمال يزعم الآخرون بوجوده. وأحسب أن الإحساس بالجمال في الاشتغال بالعلم قد يكون على المنوال نفسه، أعني شيئا يستلزم خلفية ما من المعارف لكي يدركه المرء ويقدره.

وواقع الحال أن العلماء في الحقيقة يحسون جمالا فيما يدرسونه. وبعض هذا الجمال واضح: بريق البللور وعظمة المجرة البعيدة، فهذه وتلك لهما جمال مثير. بيد أنني أريد التحدث عن نوع من الجمال أعمق شأنا، وهو جمال ليس واضحا بذاته تماما للحواس. أريد أن أتحدث عن الجمال الفكري للأفكار العلمية.

اختتم داروين كتاب «أصل الأنواع» بتعقيب نصه: «ثمة جلال نستشعره في هذه النظرة (التطورية) عن الحياة». وهذه عبارة استعارها ستيفن جاي غولد لتكون عنوانا لأعمدته التي تحمل عنوان «هذه النظرة إلى الحياة»، والتي واصل كتابتها سنوات كثيرة في صحيفة «التاريخ الطبيعي». أراد داروين أن يؤكد لنا أن التطور البطيء الذي يكشف عن ذاته باطراد على مدى ملايين السنين كان بكل معنى الكلمة أكثر جمالا وجلالا وأكثر إثارة للاهتمام من قصة التكوين في التوراة. وعبر عن هذه المشاعر توماس بيرنيت عندما ألف في العام 1684 «النظرية المقدسة عن الأرض»، في العبارة التالية:

> **إن صانع الساعة التي تدق دقاتها بانتظام كل ساعة بفضل الزنبركات والعجلات التي وضعها في داخلها، نراه أفضل من صانع ساعة آخر يضطر إلى دس إصبعه كل ساعة ليجعلها تدق**[1].

وبعد أن رصد داروين 14 فصلا يكدس خلالها الأدلة والبراهين مؤكدا فرضيته، واختتم دراسته بمناشدة لتلمس الجانب الجمالي في التطور. وعلى الرغم من أن كثيرين اقتبسوا عبارته هذه مرات عديدة فإننا نلاحظ أنه كثيرا ما أُغفلت الحقيقة التي تكشف عنها، وهي أن بالإمكان الحكم على نظرية علمية تأسيسا على جمالها. ويرجع سبب الحذف، كما ذكرت آنفا، إلى واقع أن الفكرة متأصلة راسخة للغاية في النظرة العلمية إلى العالم، مما جعل من العسير على العلماء الالتفات إليها، بينما تبدو غريبة وشاذة في نظر غير العلماء بحيث يأبون حتى اعتبارها مجرد إمكانية.

لكن ليس علينا أن نرجع إلى داروين من دون سواه لنتلمس معيار الجمال في العمل. ليسمح لي القارئ بأن أضرب مثالا من النظريات الأعمق المحيطة بنا، والتي يراها الفيزيائيون نظرية من أجمل النظريات قاطبة. نعرف أنه حين اقترح ألبرت أينشتين نظريته عن النسبية العامة العام 1916 بدت النظرية معلما لتغير أساسي في طريقة تفكير البشر في الكون. (ولم يكن مصادفة أن أطلقت مجلة تايم في عددها الصادر في

31 ديسمبر العام 1999 على أينشتين اسم شخصية القرن). ونلحظ أن المبدأ العميق الذي تتبنى عليه النظرية مبدأ جميل بقدر ما هو عميق: أكد أينشتين أن الكون الممكن الوحيد هو الكون الذي لا تؤثر فيه وجهة نظر المشاهد (أو حتى نكون علميين، الإطار المرجعي) في قوانين الطبيعة التي يدركها المشاهد. أو لنقل بعبارة أخرى إن الكون الوحيد الممكن هو الكون الذي يدرك فيه جميع المراقبين القوانين الفاعلة فيه ذاتها بغض النظر عن أين هم وكيف يتحركون.

وهذا مفهوم جميل وقوي لأنه يسمح لنا أن نستبعد جميع أنواع الأكوان الممكنة التي يمكن أن نحيا فيها. مثال ذلك إذا حدث أن اقترح شخص ما نظرية يكتشف فيها عالم قوانين فاعلة في نجم قنطورس الرئيسي، ومختلفة عن القوانين التي نعرفها على كوكب الأرض، فإن مبدأ النسبية يسمح لنا بأن نطرح تلك النظرية جانبا من البداية. ويفيد المفهوم أيضا بأن كون نيوتن الميكانيكي البسيط ليس بوسعه أن يفسر لنا عالما تتحرك فيه الأشياء بسرعات تقارب سرعة الضوء. وهكذا استلزم مبدأ النسبية مراجعة جذرية لفكرنا عن نظرتنا العلمية إلى العالم، هذا بطبيعة الحال إذا ما كان المبدأ الأساسي صوابا.

وهاهنا المحك، ذلك لأننا إذا عدنا إلى الفصل الأول وراجعنا خطوات المنهج العلمي سيتبين لنا أنه قبل أن يتسنى لنا قبول أي فكرة عن العالم يلزم اختبارها على أساس الملاحظة والتجربة. وطبيعي أن النسبية، شأن أي فكرة علمية أخرى، لابد من وضعها على المحك مع الطبيعة. وإذا لم تنجح في هذه الاختبارات، فإن هذا يعني، بكلمات منسوبة إلى كل من عالم البيولوجيا البريطاني جي. بي. إس. هالدن وتوماس هكسلي «أننا إزاء نظرية جميلة أخرى دمرها واقع قبيح». ونحن لكي نفهم ما حدث بعد أن نشر أينشتين نظريته أجدني مضطرا إلى عمل انعطافة قصيرة عند هذه النقطة، لكي أتحدث وأبين كيف يمكن اختبار مثل هذه النظرية. وأرجو من القارئ أن يعتبر، إذا شاء، الفقرات القليلة التالية بمنزلة محاولة من جانبي لاستكمال جزء صغير من إطار المعارف الأولية العلمية الخاصة به.

والمشـــكلة هي أنـــك إذا نظرت إلى التكنولوجيـــا المتاحة العام 1916 ثم ألقيت نظرة إلى الفارق بين ما كان يمكن أن يتنبأ به كل من أينشـــتين ونيوتن بشـــأن نتيجة قياس محدد، ستجد أن الاختلافات موضوع التنبؤ أقل كثيـــرا جدا من دقـــة الأدوات المتاحة. وســـيبدو وكأنك عمدت إلى التفرقـــة بين نظريتين كل منهمـــا تتنبأ عن مدى الزمـــن الذي يمكن أن تستغرقه عملية ما، وإذا بالفارق ليس سوى بضع ثوان، بينما كل ما تملكه لقياس الزمن مزولة، أي ســـاعة شمســـية، ولا شيء آخر. وواضح أنه لن يتســـنى لك الكشـــف عن أي اختلافات بين التنبؤين حتى على الرغم من وجود اختلافات. ولقد كان الموقف هو نفســـه، فيما عدا بضعة اختبارات مذكورة فيما بعد، من حيث العالم النيوتوني القديم والكون النسبي الذي صاغ صورته أينشـــتين، إذ لم تكن هناك ببساطة اختلافات واضحة بين الاثنين بما يسمح بالتفرقة بينهما.

كان هناك مكانان في العام 1916 تظهر فيهما الاختلافات بين النظريتين واضحة تماما عن طريـــق الأدوات المتاحة. تضمن المكان الأول قدرا قليلا من الاضطراب في فلك الكوكـــب عطارد. وكان علماء الفلك يعرفون هذا الاضطراب منذ عقود، ولكنهم عجزوا عن تفســـير مصدره. لكن النســـبية هيأت دفعة على الطريق لتجعل الكوكب يكشـــف عن التفســـير. وإذا شئنا الوصف الدقيق نقول إن العلماء لا يستخدمون مصطلح التنبؤ لوصف هذا التتالي للأحداث، بل يستخدمون كلمة بيان ارتجاعي retrodiction لوصف موقف أمكن فيه حل مشـــكلة لم يتســـن حلها في السابق، لكن أمكن حلها فـــي ضوء نظرية جديدة. ويبدو واضحا، مع هذا، أن تفســـير فلك عطارد يتطابق مع روح المنهج العلمي.

لكـــن الاختلاف الآخر بين نيوتن وأينشـــتين قاد إلـــى تنبؤ حقيقي. إذ تنبأت النسبية العامة أن الضوء حين يمر بجوار جرم ضخم مثل الشمس، فإن مســـاره سوف ينحني، لهذا فإن المصدر ســـيظهر وكأنه تحرك قليلا بالمقارنة بهذا المصدر نفســـه، إذا نظرنا إليه لو لم تكن الشـــمس موجودة على مدار المســـار. وطبيعي أننا عادة لا نســـتطيع أن نرى ضوء نجم عند مروره قرب الشمس، إذ يحجبه ضوء الشمس. ونذكر أنه في العام 1919

قــاد عالم الفلك البريطاني آرثر أدنغتون بعثة كشــفية لتصوير الســماء في أثناء حالة خســوف وهو فوق جزيرة بريتسيب قبالة الشاطئ الغربي لأفريقيا. واكتشــف تحديدا نوع النقلة التي تنبأ بها أينشتين. وأدى إعلان هــذه الواقعة إلى الارتفاع بمكانة أينشــتين ليصبح النجم العالمي الأعظم (أشعر في الواقع بالدهشة إذ أكتشف أنه لايزال حتى اليوم محتفظا بهذه المكانــة. ويكفي أن نعرف أن صور أينشــتين المطبوعة على ورق كبير تباع بانتظــام في مكتبات كليات الجامعات ومعروضة جنبا إلى جنب مع صور همفري بوغارت ومارلين مونرو).

وأذكر بهذه المناسبة، ما يتسق مع موضوعي في هذا الفصل، أن أدنغتون أعلن اكتشافه أمام بعض من أصدقائه محاكيا رباعيات الخيام:

دع الحكمة تقارن، تقيس، وتزن
اليقين،على الأقل أنه للضوء وزن[2].

وهكــذا توافر لدينا بحلول العــام 1919 تنبؤ ناجح، أي بيان ارتجاعي ناجح retrodiction، وكان فوزا عظيما. وطبيعي أن هذا لم يكن في الماضي دليلا كافيا لقبول نظرية، لكن في حالة النسبية كان كافيا. وجدير بالذكر أنــه علــى مدى 40 عاما ســلم المجتمع العلمي بالنظريــة على الرغم من ندرة أسباب التأكيد. وسبب ذلك بسيط: ذلك أنه توافر الاستعداد المسبق للتســليم بها نظرا إلى أن العلماء أدركوا جمالها. ويمكن القول بمعنى من المعانــي إن جمال النظرية جعل العلماء مهيئين للتســليم بها أكثر مما هي الحال عادة.

ولنــا أن نقــارن بين هذا الموقف وموقف آخر حدث في خمســينيات القرن العشــرين عندما برز على المســرح علم تغيرات القشــرة الأرضية plate tectonics، والــذي يمثــل نظريتنــا الراهنة عن بنيــة وديناميات الأرض. لم تكــن النظرية جميلة على نحو محدد، علاوة على تناقضاتها مــع عدد من المعتقدات التقليدية عن الكوكب. ومن ثم اضطرت في هذه الحالة إلى الاســتعانة بأطلال من المعلومــات لكي تحفز المجتمع العلمي علــى القبول. وحدث أن كانت المعلومات فــي المتناول، وانتصرت الأفكار الجديدة خلال بضع ســنين. وأود أن أؤكد أن حالة علم تغيرات القشــرة

الأرضية (التغيرات التكتونية) تكاد تكون حالة نمطية لأسلوب عمل العلم وأقرب إلى أسلوب العلم من حالة النسبية. إذ كان العائق في الأولى أعلى، وكم المعلومات اللازمة أكبر كثيرا، بينما العائق في الثانية أدنى بسبب جمال النظرية.

وحتى أكون على يقين من أنني لم أترك لدى القارئ انطباعات زائفة، أجد لزاما أن أضيف أنه تم خلال الفترة الأخيرة مزيد من الاختبارات للنسبية العامة، وحققت النظرية تجليات وحظيت بمزيد من التقدير. مثال ذلك أنه في خمسينيات القرن العشرين حققت التكنولوجيا تقدما إلى الحد الذي استطعنا معه أن نسجل القدر الضعيف الذي نتنبأ بفقده من الطاقة في شعاع ضوء حال صعوده إلى أعلى في نطاق جاذبية الأرض. ولكن اليوم نجد أن نظام الملاحة العالمي GPS(*) يستخدم بشكل منتظم وعادي معادلات النسبية لتصحيح الساعات المدارية orbiting clocks التي هي قلب النظام. ولنا أن نقول في الواقع إن النسبية انتقلت خلال نصف القرن الماضي من عالم النظرية إلى عالم الهندسة.

وطبيعي أن كون النظرية جميلة لا يعني أن أحدا لم يحاول اكتشاف أخطاء فيها. جدير بالذكر أنني طوال حياتي العملية كثيرا ما فكرت في أن كل القصص البطولي عن النسبية مثله مثل أفلام الكاوبوي القديمة، ولعل القارئ يعرف الفيلم الذي يحكي قصة سلسلة من الفتية الصغار الذين وفدوا إلى مدينة ليبرهنوا على أنهم أسرع من حامل سلاح متمرس. ونجد، بالطريقة نفسها، مفكرين شبابا يعمدون الواحد بعد الآخر إلى حشو مسدساتهم (في عبارة مجازية طبعا) وينتقدون أينشتين في غطرسة وكبرياء، لا لشيء إلا لتمزيق نظريته الصاعدة إلى نثار.

لكن لماذا تحديدا نجد شيئا مثل النسبية جميلا؟ أود أن أؤكد هنا أن ذلك للأسباب ذاتها التي نرى من أجلها ندف الثلج جميلة. إن جمال ندف الثلج يكمن في تناسقها وتماثلها، بحيث إنك إذا حركتها حركة

(*) نظام الملاحة العالمي Global Positioning System، هو نظام استحدثته الولايات المتحدة الأمريكية لتوفير معلومات دقيقة عن المواقع والتوقيت. يتكون النظام من ثلاثة أجزاء: أقمار اصطناعية تدور حول الأرض. مراكز رصد ومراقبة على الأرض. وأجهزة استقبال لدى المستخدمين. ويوفر النظام خدمة شائعة ومجانية يستخدمها الأفراد والمؤسسات حول العالم. [المحرّرة].

دائريـــة 60 درجة فإنها تبدو على الصورة نفســـها التي بدأت بها. ونحن لأســـباب معينة (ربما لها علاقة بالبنية المعمارية العميقة لمخ الإنســـان) نجد المنظومات المتماثلة جميلة وتبعث السرور في النفس. ويجسد مبدأ النســـبية نوعا من التماثل أيضا. وترى أن الكون سيبدو على النحو ذاته من الاتســـاق والتماثل بغض النظر عن الموقع الذي ننظر منه إلى الكون، ســـواء على سطح الأرض، أو في سفينة فضاء، أو ونحن على سطح أحد كواكب المجرة البعيدة. وهكذا نجد الكون عند أينشـــتين متسقا في تماثل شأن ندف الثلج.

وحتـــى نمضي بهـــذه الفكرة إلى زماننا الحاضر نقـــول إن النظريات الراهنة عن الطبيعة الأخيرة للمادة - وتتنوع أســـماؤها من مثل نظريات المجال الموحد، ونظريات كل شـــيء، ونظريـــة الأوتار - تفترض كونا أكثر تماثلا واتســـاقا. وتتأسس على فكرة مؤداها أن الكون الممكن الوحيد هو كون لا يهم فيه كيف نعرف أشـــياء من مثل الشـــحنة الكهربية وغير ذلك من كميات. إنها في واقع الأمر تفترض تماثلا يســـتلزم أن تكون الطبيعة محايدة ليس فقط إزاء الإطار المرجعي للمراقب، بل ومحايدة أيضا إزاء الإطار العقلي للمراقب. ولســـوء الحظ أن التعقد الرياضي الذي تتصف به نظريـــة الأوتار حال حتى الآن دون أصحابها وتقديم أي تنبؤات يمكن اختبارها. ولهذا الســـبب بقيت طي نوع من النسيان العلمي. ويؤكد هذا حقيقـــة أن الجمال، في ذاتـــه ولذاته، ليس كافيا لضمـــان قبول نظرية علميـــة. إنما يحتـــاج العلماء على الأقل إلى بضع معلومـــات ثابتة لتكون المشجب الذي يعلقون عليه قبعاتهم، وكما قال عالم الإحاثة إن المعلومات جد مهمة.

التمرد الرومانسي - الفن قبالة العلم

تعتبر الحركة الرومانسية التي شهدها القرن التاسع عشر عادة ردة فعل ضد التنوير. وأذهب إلى ما ذهب إليه زميلي ريتشارد فلوريدا الذي يقول، حيثما وجدت قوة أساسية فاعلة ومؤثرة في مجتمع ما نجد يقينا في المقابل قـــوة موازية. لنحاول أن نجعل العالـــم أكثر عقلانية وقابلية

للفهـم، وإذا بنـا يقينا نجد جماعـات تظهر هنا وهنـاك لتؤكد الطابع اللاعقلاني والأسـطوري. وحيث إنني شـخص كثيرا ما اتهمني البعض بأنني رومانسـي (وصفة رومانسي ليست للمجاملة دائما خصوصا حين نصف بها عالم فيزياء)، فإنني لا أشـعر بأي مشـكلة محددة تجاه هذه الحقيقـة خصوصا، وكما أوضحت في الفصل الأول، أنه ليس بالإمكان تنـاول جميع القضايا وفـق المنهج العلمي. ولكن ثمـة وجها ثانويا آخر للنظرة الرومانسـية إلى العالم والتي تثير ثائرتي حقا وأريد أن أتناولها هنـا. تلك هي الفكرة التي تقضي بأننا إذا عرفنا بشـكل ما كيف يعمل وجه معين من أوجه الطبيعة، فإننا بذلك ندمر قدرتنا على تقييم جمال هذا الوجه.

وليسـمح لي القارئ بأن أستعرض قصيدتين مشهورتين توضحان هذا الزعم. القصيدة الأولى من نظم وردزورث:

حلوة المعارف التي تجود بها الطبيعة،

عقلنا الفضولي

يفسد جمال أشياء

نقتلها لنحللها [3].

والقصيدة الأخرى من نظم والت ويتمان:

عندما سمعت عالم الفلك العلامة

عندما توالت أمام عيني، صفوفا، أعمدة البراهين والأشكال

وعندما عرضوا أمامي الخرائط والرسوم لتجمع وتقسم وتقاس

وعندما سمعت جالسا عالم الفلك، الذي حظيت محاضرته

بالتصفيق الحاد مرات ومرات

داخل قاعة المحاضرات

سرعان ما أحسست، لسبب غير معروف، بالتعب والغثيان

المخلفات تتراكم عالية وتتدافع منحدرة، طوفت شاردا

وسط هواء الليل الأسطوري الرطب، وبين لحظة وأخرى

تشرئب نظراتي في صمت مطبق إلى نجوم السماء [4].

وحتى أكون منصفــا في حديثي عن وردزورث أقــول إن الباحثين أوضحــوا أن أبيات الشــعر جرى اقتباســها من قصيــدة خاطب بها الشــاعر صديقا له يوصف بأنــه دودة كتب. ومن ثم لنا أن نكون دعاة خيــر هنا لنقرأ البيتين وكأنهما مناشــدة ونصيحة ودية لصديق تقول له: «هلم اســتيقظ من غفلتك واستمتع بشم أريج الأزهار». ومع ذلك فإن أي امــرئ ســـار علـــى درب وردزورث ونظـم قصيــدة بعنــوان «البواخــر والجســور والقطارات» لا يمكن اعتبــاره من أنصار «لود» المتطرفين في مذهبهم (*).

وحري بنا أن نتذكر أن القرن التاسع عشر كان القرن الذي سادت فيه الرأسمالية الصناعية الفجة، وذلك قبل زمن طويل من صدور التشريعات الخاصة بعمل الأطفال أو قبل انتشار الوعي البيئي. وهانحن اليوم يمكننا أن نشــاهد جسرا لعبور قاطرات الســكك الحديدي مقاما وسط ساحة ريفيــة خضراء واســعة ويضفي عليها جمالا. لكن ليس عســيرا أن نفهم كيف اختلفت مشــاعر الناس آنذاك وأنحــوا باللوم على العلم، وظنوا أنه المســؤول عن إفســاد جمال الطبيعة. ولن ننســى بطبيعة الحال المصانع المقامة هناك أيضا:

وماذا لو أن القدس كانت قد شيدت هنا
وسط هذه المصانع الشيطانية الظلامية؟ [5].

إنني كلما اســتمعت إلى هذين البيتين من نظم الشاعر بليك إخال أنني أســمع جدي يتحدث عن شــيكاغو في منعطف القرن التاســع عشــر، وقتما كان يضطر هو وأصدقاؤه إلى السير على الأقدام ستة كيلومترات ليصلوا إلى الحظائر يوميــا بغيــة البحــث عــن وظيفــة. (ويا للغرابة، إنه لم يشاركني المشاعر ولم يشجع فيَّ ثورتي في صباي ضد ما في هذا الوضع من ظلم، بل على العكس حملت ذكرياته مشاعر مودة وألفة حميمة).

(*) Luddite جماعــة من العمال البريطانيين نشــطت فيما بين العامين 1811 و1816، قاموا بتظاهــرات ودمروا ماكينات النســج والغزل اعتقادا منهم أن التكنولوجيا الجديدة ســتؤدي إلى البطالة. ونيد لود شــخصية وهمية اعتقد البعض أنها دمرت آلتي نســج في نهاية القرن الثامن عشر. [المترجم].

وهكذا فإن كلا من معلوماتي عن التاريخ والأساطير التي عرفتها في أسرتي يسرت لي فهم ما في هذه القصائد من دعوة إلى العزوف عن العقلانية والعلم. كم هو يسير علينا وسط صخب وضجيج الحياة الحديثة أن نعود بأنظارنا إلى ما نظنه عصرا ذهبيا في الماضي تخيلنا الحياة فيه بسيطة نقية، ومن ثم نُنحي باللائمة على العلم والتكنولوجيا لمسؤوليتهما، في ظننا، عن تدمير ذلك العالم الخالي من الهموم. وغني عن الذكر أن قدرا كبيرا من الكتابات الحديثة عن البيئة ومشكلاتها مبني على مثل هذا النوع من الأفكار التي تحدثنا عن جنة عدن. وطبيعي أن بالإمكان نقض حقيقة هذه الرؤى الخيالية عن الماضي: إنني حين أشرع في عرض هذه الفكرة كثيرا ما ألجأ إلى حسابات عن كم السماد الذي يتخلف عن الخيول في لندن أو نيويورك في تلك «الأيام الخوالي الجميلة»، إنه كم هائل. لكن الحقيقة المجردة التي تؤكد أن جنة عدن لم تكن عمليا موجودة تجسد أحلام عصر ذهبي مضى ليست هي الشيء المهم. بل الأحلام هي الشيء المهم، والأحلام هي رصيد ومحور اهتمام الشعراء.

وكم كان يسيرا دائما الهجوم على الرومانسيين لتعلقهم بعالم الماضي، ولعل أكثر الأعمال الهجائية الشعرية تدميرا جاءت على لسان غيلبرت و سوليفان في مسرحيتهما الموسيقية الشعبية التي تحمل اسم «الصبر»، حين صدحت الشخصية الرئيسية بونثورن بأغنيتها التي تقول:

طبيعي أن تزدري كل ما هو طازج وجديد

وتعلن أنه فج ووضيع

لأن الفن قد انتهى في بلاط الثقافة الرفيعة للإمبراطورة جوزفين

وسيقول كل امرئ

وأنت ماض في طريقك الغامض

إن لم يكن ما يرضيني يرضيه

فلابد أن يكون من ذلك النوع المثقف جدا من الشباب [6].

ولكن بعد أن قدمت هذه الرؤى السهلة البسيطة، فماذا عسانا أن نفعل إزاء الحجة الأعمق التي تتضمنها هذه القصائد، والتي تقول إن فهم شيء ما، خصوصا الفهم العلمي، من شـــأنه أن يؤدي بشكل أو بآخر إلى تدمير الخبرة الجمالية؟

العلم والخبرة الجمالية

إحدى ســـبلنا لتناول هذه المسألة أن أحكي خبرتي الشخصية. قضيت فترة غير قصيرة من حياتي أعيش في حضن الطبيعة: أدير مربى للماشية في منطقة مونتانا روكيز، وأبني بيتي بيدي أنا في منطقة جبال بلو ريدج، وهكذا. وأود أن أقول إنني في الحقيقة ارتبطت بالطبيعة برباط أقوى من الرباط الذي ينعم به أغلب الرومانســـيين (وأقـــوى يقينا من العلاقة التي تتمتع بها الأغلبية الســـاحقة مـــن المحدثين من دعاة الحفاظ على البيئة). وأعتقد أنني أقيِّم الحس الجمالي لغروب الشـــمس أو لتحول ألوان أوراق الشـــجر في الخريف شأني في هذا شأن كثيرين. وحري أن أذكر أن كوني أفهم لمـــاذا يتحول لون الســـماء إلى اللون الأحمر أو أفهـــم الكيمياء التي تســـبب ألوان الخريف الزاهية لا يؤثر في حقيقـــة تقييمي الجمالي على الإطلاق. وهنا أقول إن المعارف تكون محايدة في مثل هذه المواقف.

لكن ثمة مواقف كثيرة أضافت فيها معارفي العلمية إضافات قيمة لخبرتي الجمالية، وذلك لأنها، ببســـاطة، جعلتني أرى أشياء يمكن أن تمر من دون أن يلحظها أحد. وأتذكر على ســـبيل المثال يوما وأنا راكب القطار في شـــيكاغو ذات شتاء وقت غروب الشمس، ولاحظت زوجا من الشموس الكاذبة sun dog وهي بقع من الضوء الباهر تظهر في السماء على يمين ويسار الشمس نفسها. وأعرف أنها نتيجة انكسار شعاع الشمس عبر بلورات ثلجية في عنان طبقات الجو العليا وتكون، حال ظهورها، على بعد نحو 22 درجة عن الشمس، وتتبع الشمس كأنها كلب وراءها ساعة الغروب، وهذا ما يفسر الاسم.

علـــى أي حال، نظرا إلى أنني أعرف حقيقة بقع الضوء، اســـتطعت أن ألفـــت إليها أنظار رفاقي (من غير العلميين) وبذا أيقنت بأنهم اســـتطاعوا تحصيل قدر أكبر من خبرة غروب الشـــمس عما لو كانوا غير عارفين بها.

ولحظـت أنه لم يكـد يتوافر لديهم الفهم الأساســي حتى تحولت أفكارهم بعيـدا عما في المدينة من أقذار وأسـمنت، واتجهت إلى الأفق البعيد حيث يبدأ الفضاء، وحيث يمكن أن نرى النجوم في النهار، وحيث شلالات بلورات الجليد تلعب بأضواء الشمس. وهنا تغيرت رؤيتهم إلى العالم، وأضحت ثرية بالمعاني، لا لشيء إلا لأنهم أثروا قليلا بقدر يسير من الفهم لما يشاهدونه.

وأوضحت خبرتي على نحو عملي، أن استخدام معارفي العلمية لكي ألفـت انتباه الناس إلى بعض مظاهر الطبيعة التي لم يكونوا يلحظونها في الســابق، يمثل شـيئا يحظى منهم بالتقدير. وأذكر ذات مساء في مونتانــا أنه ظهر قوس قزح ثلاثــي (نادر جدا) ليغطي الجبل في أثناء التدريب على رقصة. أوقفت التدريب بضع دقائق ودفعت كل الموجودين إلى الخارج لكي يشــاهدوه، وقدمت تفسيرا لحقيقة الظاهرة وأسباب ندرتها. ومضت السـنون وإذا ببعض أعضاء الفريق يذكرني بالتجربة ويقول كم كان تقديرهم كبيرا جدا للتعليقات التي قلتها آنذاك.

وفي الوقت نفســه تقريبا، كتبت سلسلة من الأعمدة القصيرة لإحدى المجـلات المعروفة بـأن قراءها من مالكي الشــاحنات وســائقيها، وهي الشــاحنات الضخمة التي تنتقل ما بين الولايات. نسيت الآن اسم المجلة، لكــن العمـود الذي كنــت أكتبه يتناول تأمل ســائق لمشـهد الطبيعة على امتـداده، يقود سـيارته عبر هذا الطريق ولديه قـدر من الفهم عن تاريخ هذا المشـهد وكيف أصبح على ما هو عليه. مثال ذلك أن ســائق شــاحنة يسـير عبر ناشفيل بوسـعه أن يتأمل طبقات الجير الحجري التي كشفت عنها الحفريات على جانب الطريق ويعرف ما يثير إعجابه ودهشـته، من أن الصخـور وعلى امتداد ألف ميل من أقرب محيط حديث، تشـكلت من هياكل عظمية لكائنات حية عاشت في بحر اختفى منذ زمن طويل. وأعود لأقـول إنني تلقيت كميات كبيرة من الرســائل من الســائقين، ليؤكدوا أن خبراتهم ازدادت عمقا وتغيرت بفضل المعارف التي اكتسـبوها. وأكثر من هذا أنني تلقيت رسائل ترجو مزيدا من التفاصيل عن الجيولوجيا المحلية والتــي، أقول صراحة، لا أعرف شـيئا عنها (على الرغم من أنني عادة ما كنت أنجح في الاهتداء إلى زميل يقدم لي العون والمساعدة).

وأكثر من هذا أن خبرة بسيطة عادية، مثل تحليق طائرة، يمكن أن تكون مصدر تنوير بفضل قليل من المعارف الأساسية. مثال ذلك أنك إذا بدأت رحلة من الساحل الشرقي فإن أول بنية جيولوجية أساسية ستشاهدها في طريقك إلى الغرب هي جبال الأبلاش. وإذا تأملت الجبال بعين فاحصة، فإن أول ما يلفت النظر ويثير دهشتك، هو أن كل السلاسل الجبلية موازية بعضها لبعض، بينما الوديان تنحدر من الجنوب الغربي متجهة إلى الشمال الشرقي. (وبوسع القارئ عمليا أن يرى الشيء نفسه واضحا على خريطة الطرق السريعة العادية نظرا إلى أن الطرق الرئيسية تتبع في مساراتها الوديان). ولكي نفهم هذه السلاسل الجبلية والوديان يتعين أن نعود بفكرنا إلى أكثر من 300 مليون سنة، وقتما كانت اليابسة التي نعرفها اليوم باسم قارة أفريقيا تندفع بقوة في حركتها إلى ساحل أمريكا الشمالية، ناحية جهة قريبة من ولاية جورجيا الآن. وحدث أن طبقات الصخر الكثيفة التي تتشكل منها القشرة الأرضية انبعجت وطويت وكأنها مفرش طاولة تكرمش وتكون الشكل الذي نراه من نافذة الطائرة. جدير بالذكر أن هذه التلال الخضراء المستديرة حين تشكلت أول مرة كانت عالية وكثيرة المنحدرات مثلها مثل جبال الهيمالايا. ولكن عملية التعرية البطيئة بفعل الرياح أدت إلى تآكلها وانخفاضها لتصبح على الشكل الذي نراه اليوم. ويمكن للمرء أن يتتبع «مفرش الطاولة المطوي» إلى أن يصل إلى تلال أوهايو الشرقية. ومع تقدم الطائرة جهة الغرب تتغير قصة الأرض تحتنا، وإن ظل سحر الطبيعة باقيا. الخلاصة: ليس عليك أن تغلق النافذة وأن تشاهد الفيلم السينمائي.

توضح جميع هذه الأمثلة استخداما واحدا للعلم في مجال الخبرة الجمالية: المعارف الأساسية تلفت أنظارنا إلى أمور تغفلها العين غير الخبيرة. وإن ما كنا نظنه ضوءا ضبابيا في سماء المدينة تكتشف أنه شمس كاذبة. وحسبنا أن ننظر بعين فاحصة مدققة لنرى أطراف الضوء الباهتة الناتجة عن أثر البلورات الثلجية حين تكسر شعاع الشمس الوافد وتحوله إلى ألوانه الأولية. ويشبه هذا كثيرا ما فعله إسحق نيوتن مع

المنشـــور الثلاثي منذ سنوات بعيدة. وهكذا فإن مشهدا طبيعيا جميلا يعز وصفــه يصبح فجأة مشــهدا منظما ومفهوما، ومن ثــم نبدأ في ملاحظة التفاصيــل: ضوء الشــمس يعكس تلألؤه انحناءة النهر، أو كتل الســحاب الأبيــض تصطف بحذاء قمم سلاســل الجبال، أو الضبــاب في الصباح الباكر وهو يغطي الوديان.

ومن الأهمية بمكان أن ندرك أن تعزيز خبراتنا ليس أبدا رهن توافر فهــم علمي تفصيلي للظواهــر موضوع اهتمامنا. مثــال ذلك أنه ليس ضروريا أن يكون بوســع المرء حساب مرور شعاع ضوء عبر بلورة ثلجية لكي يقيم الشمس الكاذبة، أو أن يعرف تاريخ أمريكا الشمالية الجيولوجي بالتفصيل لكي يستمتع بمشهد الأحجار الجيرية في ناشفيل أو سلاسل جبــال الأبلاش. إن كل ما يلزم هو النوع ذاته مــن الإطار المعرفي العام الــذي حددناه بأنه المعارف الأولية العلمية لكــي نعمق تقييمنا وإدراكنا للظاهــرة الطبيعية ونوجه اهتمامنا إلى تفاصيل مرت في الســابق من دون أن تثير انتباهنا.

رؤى جديدة

إذا كان مجــرد أن تصبــح الظواهر في مجال اهتمامنا هو الإســهام الوحيــد من جانب العلم للخبرة الجماليــة، فإن هذا وحده كاف لتبرير ما أســميه الحجة تأسيسا على علم الجمال. بيد أنني أعتقد أن ثمة إسهاما آخــر مهما يمكن أن يقدمــه العلم في مجال الفنون، ليس إســهاما كبيرا للجمهور العام بقدر ما هو كذلك للفنانين أنفسهم.

لنتوقف لحظــة ولنتأمل الطريقة التي ندرك بها العالم نحن البشــر. لدينــا خمس حواس، ولكن، مع الاعتذار الواجب لخبراء المآكل والمشــارب والعطــور، أقول إن أهم حاســتين تخصان الخبرة الجمالية هما الســمع والبصــر. تعتمد كل من هاتين الحاســتين على عمل عضوين للإحســاس وصلا إلى مستوى عال رفيع من حيث التطور والتخصص ألا وهما العينان والأذنان. تطور هذان العضوان على مدى ملايين السنين من تاريخ التطور لكي يكون لكل منهما وظيفة واحدة، وأقول وظيفة واحدة فقط: أن تســمح

كل منهما لأسلافنا بالبقاء حياة أطول في مناطق السافانا الأفريقية، حتى يتسنى لهم توصيل جيناتهم للأجيال التالية. إن العيون والآذان لم تتطور بهدف السماح لنا بتقييم موسيقى ومسرح الأوبرا أو سماع السيمفونية، تماما مثلما أن أمخاخنا البشرية لم تتطور لتهيئ لنا الفرصة لاستحداث ميكانيكا الكوانتم.

وبسبب هذه الحقيقة يتمتع كل من هذين العضوين الحسيين بمجال محدود. ولنتأمل العينين على سبيل المثال. تمثل العين البشرية، من وجهة نظر الفيزيائي، أداة قادرة على تسجيل الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يتراوح طول موجته ما بين طول 4000 و8000 ذرة، وهو ما نسميه الضوء المرئي. وكان من المفيد لأسلافنا اكتساب هذا النوع من القدرة على التسجيل لأننا (1) نعيش في غلاف جوي شفاف لهذه الأطوال الموجية تحديدا، (2) لأن كوكب الأرض يدور حول نجم يصدر الجزء الأكبر من طاقته في صورة ضوء مرئي.

ونظرا إلى أن الإبصار أو الرؤية بالعين تبدو أمرا طبيعيا وعاديا لنا، فإننا نكون بحاجة إلى جهد قليل جدا لكي ندرك أن عيوننا لا تخبرنا في الحقيقة إلا عن نزر يسير جدا عن الكون، وعن قدراتها المحدودة التي حددت خصائصها البيئية التي تحيط بنا. ولنأخذ الفكرة الأولى التي ذكرناها آنفا، وهي شفافية الغلاف الجوي. إنني حين أفكر في هذا الجانب من الكرة الأرضية تستعيد الذاكرة ذكرى ليلة باردة في الصحراء منذ سنوات طويلة، حينما كنت واقفا فوق هضبة مستوية السطح منحدرة الجوانب في لوس آلاموس، واستطعت من هناك أن أبصر أضواء شوارع البوكيركي التي تبعد عني نحو 90 ميلا. وأحسب أن القارئ عاش خبرة مثل خبرتي هذه. ولنتأمل حين نكون داخل طائرة ليلا ونرى أضواء مدينة بعيدة. إن هذا النوع من الخبرة يعني أن الضوء يمكنه أن يمضي بسرعة 100 ميل في الغلاف الجوي من دون أن يمتصه الجو. وهذا حدث مذهل حين نفكر فيه. لكن توجد أنواع أخرى من الموجات الكهرومغناطيسية - مثل المايكروويف والأشعة تحت الحمراء - لا يمكنها ذلك. إذ يمتصها الغلاف الجوي سريعا. وهكذا فإن الكائنات الحية التي تطورت في جو من نوع آخر يمكن أن يكون

لديها قرون استشعار بدلا من العيون، ومن ثم «ترى» عالما مختلفا تماما. ونجد بالمثل أن الكائنات التي تطورت على سطح كوكب يدور في فلك نجم أحمر معتم ربما تحتاج إلى عيون أكبر حجما بكثير لكي يصلها قدر كاف من الإشعاع ذي الأطوال الموجية، الأطوال التي تبصر ما حولها (وأذكر بهذه المناسبة أن هذا هو السبب في أن ملاحي الأطباق الطائرة يحملون دائما هذا النوع من العيون. ويسمي الخبراء هذه الكائنات ذات العيون الضخمة باسم الأقزام الخضر Little Green Men أو LGM).

ولنا أن نقول الشيء نفسه عما نسمعه. إذ تكيفت آذاننا لالتقاط موجات صوتية تسري عبر الهواء عند مستوى البحر (أو قريبة جدا منه). وطبيعي لو أننا تطورنا في جو مغاير لتغيرت الآذان. مثال ذلك أن آلهة النار والصناعة أو الفولكان في مسلسل ستار تريك القديم ظهروا، ولهم آذان كبيرة مستدقة لأن الهواء حول كوكبهم الخيالي كان، وفق ما هو مفترض، رقيقا وهم في حاجة إلى جهاز استقبال أضخم حجما لالتقاط الصوت.

معنى هذا أن التطور كحدث تاريخي جهزنا بأعضاء حس قادرة على أن تسجل فقط جزءا صغيرا جدا، مما هو موجود فعلا في عالمنا. ونجد بالمثل أنه نظرا إلى أننا كائنات متوسطة الحجم - أضخم من الميكروبات وأصغر من النجوم - فقد تطورت أعضاء الحس هذه نفسها بحيث يمكنها أن تسجل فقط أشياء أخرى متوسطة الحجم. وهذا واقع من شأنه أن يحد أكثر من رؤيتنا للكون.

وهاهنا يمكن للعلم أن يكون عونا للفنان، لأننا نستطيع بفضل العلم أن نفتح كل تلك العوالم، وأن تتهيأ لنا صور جديدة لا تدركها حواسنا مباشرة. ولنأخذ الميكروسكوب (المجهر) كمثال. إن أنطون فان ليفنهوك حين رأى لأول مرة «الكائنات الحية الدقيقة» السابحة في قطرة من ماء غدير في القرن السابع عشر إنما كان يؤكد في الحقيقة أنه وسَّع من نطاق قدرة البشر على رؤية العالم في صورة أنماط لم تكن متاحة للعين المجردة. ولنا أن نقول، على المنوال نفسه، إن علم الفلك يعيش الآن عصرا ذهبيا إذ لأول مرة في التاريخ نستطيع بناء مراصد فلكية في الفضاء في طبقات أعلى من طبقات الغلاف الجوي المحيط بكوكب الأرض.

منـذ أن بدأ الزمان والكون يرسـل تجاه كوكب الأرض كل أنواع الإشـعاع الكهرومغناطيسـي، ابتداء من الموجات اللاسلكية وعبورا بالأشعة السينية وحتى أشعة جاما. وتدلنا كل واحدة من هذه الأنواع المختلفة من الإشعاعات عن جانب مختلف من الكون الذي نعيش فيه. ونعرف أن هذه الأشعة حين تصل إلى كوكبنا عبر مسـافة (ربما) تصل إلى بلايين السـنوات الضوئية لكي تحط هنا تمتصها، خـلال بضعة الأميال القليلة الأخيرة من رحلتها، طبقـة الهـواء الرقيقة المحيطة بنا. ويا لها من مأسـاة! لكن الآن وبفضل التقدم في تكنولوجيا الفضـاء أمكن الاحتفاظ بجزء صغير جدا من هذه الإشـعاعات من خلال أجهزة كشف مدارية ثم تحليلها، وبذا تعطينا ولأول مرة نظرة شـبه كاملة عـن الكون. (إنني ألتزم جانـب الحيطة قليلا هنا لأن باسـتطاعتنا، أو سيكون باستطاعتنا قريبا جدا، اكتشاف أنواع أخرى من الانبعاثات الصادرة عن هذه الأجرام البعيدة. أشـياء مثل النيوترينات neutrinos [دقائـق ذريـة متعادلة كتلتهـا دون كتلة الإلكتـرون] والأمواج الثقالية gravitational waves).

ولننظر إلى الأمر من زاوية أخرى: عندما ذهب هويتمان «ليرنو متأملا فـي صمت تام إلى النجوم» ربما اسـتطاع أن يشـهد ألفـين من النقاط المضيئة في السـماء. حدث هذا في الأيام السـابقة على ظهور كثير جدا من المصابيح الكهربية التي تضيء سماء المدن، وهو ما يسميه علماء الفلك «التلوث الضوئي». ويا لها من خبرة مثيرة لايزال بإمكان المرء أن يسـتمتع بها إذا أراد وانطلق بعيدا عن المدينة. ومع هذا نقول إن سماء الليل، بقدر ما تبدو للرائي سـاحرة مذهلة، ليسـت سـوى جزء صغيـر مما هو قائم حقيقة في الواقع هناك.

ولنبدأ معا بالحديث عن المجموعة الشمسـية. بدت الكواكب في نظر هويتمـان أشـبه بنقاط ضوء سـاطعة، وربما بدا لون المريـخ ضاربا إلى الحمـرة. ترى كـم كان بإمكانه أن يرى أكثر مما رأى لـو توافر لديه أكثر التلسـكوبات تواضعا. وهو أداة كان بإمكان معلمه «عالم الفلك الكبير» أن يوفره له. لقد كان باستطاعته أن يرى بفضل هذه الآلة الكوكب زحل والذي يؤكد الجميع أنه المشـهد الأكثر إثارة في المجموعة الشمسية. وكان بوسعه

أن يرى عالم الكوكب نبتون البارد ذي اللونين الأزرق والأخضر، ويرى كذلك السـحب المحيطة بكوكب الزهرة «فينوس» وأقمار كوكب المشتري. وهكذا يتسع عالمه المشاهد كثيرا وأكثر مما يعتقد.

وهانحن اليوم أطلقنا تلسـكوب الفضاء هابل ليَدور في مداره، فضلا عن مجسـات الفضـاء التي تدور حول زحل وهي فـي طريقها إلى بلوتو. طبيعي أنه كان سـيرى بفضل هذه المستحدثات أكثر كثيرا جدا مما رأى. وتتضمن الوديان والأحواض فوق سـطح المريخ شـهادة علـى وجود المياه التي جرت على سـطحه، وربما شهادة دالة على الحياة التي كانت موجودة هنـاك قبل أن تلفه برودة الفضاء. ونلحظ أن الثلج المتكسـر فوق سـطح الكويكب يوروبا يغطي محيطات خافية تحت السـطح بنحو ميل، وتسـود الكويكب تيتان حول زحل موجات من سـائل الميثان وتتكسـر فوق شواطئ بحار يسـتحيل القـول بوجودها. وإذا اتجهنا بمناظيرنا من التلسـكوبات بعيدا عن مجموعتنا التي تمثل بيتنا الصغير الدافئ، فسوف نرى سلاسل غائمة مـن المجرات، ممتدة في منتصف الكون وفي داخلها نجوم متفجرة ومجرات وليدة تنفث طوفانا من الطاقة لا يمكن تخيله. ترى من يوازن بين هذا الجلال المهيب والرؤية الفقيرة بالعين المجردة؟

وأود أن أصرح بأنني تسـاءلت دهشـا أحيانا: ترى هل الرسـامون وغيرهم من الفنانين المشـتغلين بالفنون البصرية أحسوا يوما ما بالقلق، إذ يشـقون على أنفسهم بحثا عن نماذج وتصميمات لفنهم. أعني بذلك أن أسأل كم عدد الوسائل المختلفة التي يمكن بها رسم واجهة كاتدرائية؟ إن العلمـاء إذ يخترقون عوالم جديدة إنما يوفرون في الحقيقة للفنانين موضوعـات جديدة لتفسـيرها. أدركت هذه الفكـرة واقتنعت بها حين صادفـت لوحة رسـمتها الفنانـة جولي نيودول وتحمل اسـم «شـيفا كنيلوميريز داخل أنشوطة تيلومير» (7) (*). ويبدو واضحا أنها استلهمت لوحاتها من صور للبيولوجيا الجزيئية الحديثة. وتبين الرسوم الرب شيفا في العقيدة الهندوسـية التقليدية داخل فتحة أنشـوطة تمثل التيلومير،

(*) Shiva as Telomerase inside of a Telomere loop. التيلوميـر (Telomere)، هو أحد مكونات الكروموزوم والتيلوميريز (Telomerase)، هو إنزيم يتحكم بالتيلومير. ولهذا الإنزيم دور في عملية الشيخوخة التي تصاب بها الخلايا. [المحرّرة].

وهــي بنية تظهر عند طــرف الكروموزومات. ويبدو لي أن هذا التلاحم بــين المعارف القديمة وأحدث صور الميكروســكوب الإلكتروني إنما هي أعجوبة المستقبل، المستقبل الذي تتجسد فيه الصور التي يكتشفها العلم في فنون بصرية.

وعلى الرغم من أنني تعمدت صوغ المناقشــة حتى الآن في ضوء عمل الفنانين دون الجمهور العام، فإن ثمة مزايا أخرى واضحة لرؤيتنا الموسعة عن الكون والتي يفيد بها الطرف الآخر. إذ كثيرا ما قيل كمثال، في معرض المحاجــاة، إن صورة الأرض من الفضاء أوضحت كوكبنا وكأنه نقطة زرقاء شاحبة وسط الاتساع الهائل للفضاء، وأن هذه الصورة كان لها دور رئيسي في حفز حركة أنصار البيئة في سبعينيات القرن العشرين. وتفيد خبرتي الخاصة بأن غوامض الكون من مثل المادة السوداء والثقوب السوداء ما هي إلا مظاهر للإثارة البســيطة للطلاب. إذ يجدون فيها أنواعا من المفاهيم المثيرة للاهتمام. ولعل هذا هو الســبب في أن كتب الفلك الشــعبية أكثر مبيعــا من كتب البيولوجيا الجزيئية، حتى على الرغم من أن هذه الأخيرة تتناول موضوعات مباشــرة وقريبة أكثر مــن الأخرى. وأعود لأقول إن ما يحتاج إليه المرء لكي يستمتع بفوائد هذه الرؤية الجديدة للكون ليس دراسة العلم المعني بالموضوع وفهمه تفصيلا. إذ ليس ضروريا أن يكون بوسع المرء حســاب منحنى دوران إحدى المجرات لكي يقيِّم الدلالات الفلسفية للمادة الســوداء، ولكن ما يحتاج إليه المرء بــدلا من هذا هو نوع من الإطار العام من المعارف التي نسميها المعارف الأولية العلمية.

لكل ما ســبق لا أعتقد أن مساهمات العلم للفنون تقتصر على توفير صــور جديــدة. إن التكنولوجيات الجديــدة، والمواد الجديــدة والطرق الجديدة في إنتاج الصوت تجســدت دائما وأبدا في تقنيات فنية. مثال ذلــك أن الباحثين أكدوا أن تطوير واســتحداث صبغــات جديدة قادرة علــى البقــاء زمنا طويلا على لوحات الرســم هي التــي هيأت إمكانية لظهور الحركة الانطباعية برمتها. ونســأل كمثال ثان: أين كان يمكن أن نرى النحت الحديث من دون طريقة اللحام القوســي أو مشــغل القطع بالأوكسيجين الأسيتيليني؟

وتآلفت منذ عهد قريب مع الطرق الغريبة التي تؤثر بها التكنولوجيات الحديثة في الفنون، وذلك حين حضرت حفلا موسيقيا لسماع إنتاج جديد لصديق لي يدعى جيرزي سابيوفيسكي. وجيرزي أستاذ موسيقي في الجامعة الأمريكية، كما أنه مؤلف موسيقي موهوب وعازف بيانو. ولديه اهتمام دائم بالبحث عن سبل لتوحيد الموسيقى بالفنون الأخرى. شاهدت في هذا الحفل الذي حضرته اثنين من الرسامين يعملان على لوحات القماش بينما أجهزة تسجيل بالأشعة تحت الحمراء تعاير حركة فرشاة كل منهما. وجرى تلقيم إشارات أجهزة التسجيل هذه إلى أجهزة توليف synthesizers لتوليد صوت، بينما ينظم عازف البيانو/ قائد الفرقة الموسيقية أجهزة التوليف، ويصوغ ويدمج الجمل الموسيقية معا. جوهر المسألة أن الرسامين أصبحا موسيقيين وفنانين يعملان بالفنون البصرية. أي أنهما عمليا جزء من الفرقة الموسيقية.

لا أملك الآن سبيلا إلى معرفة ما إذا كانت الطرق التي اكتشفها صديقي وأمثاله سوف تقودنا إلى إبداع حركات موسيقية جديدة مهمة، أم أنهم سيلحقون بأعمال من مثل أعمال أخرى يضمها متحف الأفكار وأخفقت في التطور. بيد أن ما أعرفه هو أن الاكتشافات من نوع الاكتشاف الذي عرضه جيرزي هي عصب حياة الفن. إذا توقفنا عن تجربة الأفكار الجديدة، فإن الفن (شأن العلم) ستصيبه حالة ركود. وأعرف كذلك أنه من دون كثير من التكنولوجيا فسوف يستحيل إجراء مثل هذا النوع من التجارب.

ملاحظة ختامية

بعد أن فرغت من كل ما سبق، أود أن أذكر القارئ (وأذكر نفسي) بأن المعارف العلمية الأولية لا يمكنها أبدا، في ذاتها وبذاتها، أن تهيئ كل عناصر الخلفية الأساسية اللازمة للمرء ليحسن تقييم الخبرة الجمالية. إنها يمكن أن تكون على أحسن الفروض طرفا مشاركا بدور بسيط في مسرحية أكبر حجما. ومع ذلك فإننا إذا تأملنا الصورة الكبرى للخبرة الجمالية، فإن هذا من شأنه أن يدعم فكرة مهمة عرضنا لها في الحديث عن المعارف الأولية الثقافية، وتدعم بالتالي المعارف الأولية العلمية.

وهناك في الحقيقة تاريخ طويل من الدراســة الفلسفية عن طبيعة ومعنى الخبــرة الجمالية. وتزخــر الكتابات الكلاســيكية بأفكار عن التصنيف والتماثل في التنســيق الجمالي، كما سبق أن ناقشنا النزوع الحدســي لدى الرومانســيين. وغني عن البيان أن عالم فســيولوجيا الأعصــاب الحديث ســوف يتناول وصــف الخبرة مــن زاوية مختلفة تماما، تتمثل في تنظيم المعلومات على أجهزة إلكترونية تنقل النبضات العصبيــة. وأنماط لصور الرنين المغناطيســي لــلأداء الوظيفي للمخ البشــري. ولكن هذه الأنواع من التجريدات، علــى الرغم من أهميتها في مواقع بحث أخرى لكنها ليســت مســتخدمة كثيــرا في موضوعنا هنا. إنها تلقي ضوءا قليلا على نوع التعليم المفضل علميا لتعزيز قدرة المرء على تقييــم الفن أو الطبيعة. لذا قررت، نتيجة لذلك، أن أتحدى وأتناول المشــكلة مباشرة، وأسأل بعض الموسيقيين والفنانين المحترفين سؤالا بسيطا: ما صفات الشــخص الذي تفضله أكثر من غيره ليكون من جمهورك مستمعا أو مشاهدا؟

ولحسن الحظ، كنت أنا وزوجتي نقضي معا عطلة نهاية الأسبوع برفقة بعــض من أصدقائنا القدامى في ولايــة كونكتيكت. أذكر من بينهم مارتن بيكوتش، وهو قائد فرقة موسيقى سيمفونية، والذي سافر إلى روسيا وقاد كثيرا من الحفــلات. وكذا زوجته إليزابيث فولــك، وهي مخرجة ومديرة لعديد من المسرحيات والأوبرات، وتزوج الاثنان في الحقيقة ليكون الزواج جزءا من حفل تضمن إخراجهما لأوبرا جياني ســيكيكي، وأوبرا بوتشيني «ميس دي غلوريا». وضم حفل العشــاء عديدا من الموسيقيين وفنانا وشابا يملك مشروعا مزدهرا لصناعة آلات الهاربسيكورد. لذلك تصورت أن هذا أفضل مكان أحصل منه على المعلومات التي أريدها. وطرحت ســؤالي بعد أن فرغنا من العشاء.

بعد نقاش مفعم بالحيوية، توافقت الآراء التي لخصها مارتن في عبارة «أفضل أن يكون جمهوري من الحاضرين هم ممن اعتادوا حضور حفلات الموسيقى». وأرى أن هذه العبارة البسيطة لخصت مناقشة جد معقدة. إن ما قاله الفنانون الجالســون إلى المائدة هو أن جمهورهم المثالي، هم من

لديهم قدر من الألفة للموسـيقى، أي قدر من الفهم والإحساس بخلفية المقطوعات التي سـوف يسـمعونها، مع قدر من التوقع لطبيعة ما يؤلفه المؤلفـون في فترة بذاتها، علاوة على قدر من الفهم للسـياق الاجتماعي والتاريخي للموسـيقى. إنهم لم يأملـوا أن يكون جمهور الحاضرين على ألفة بالموسيقى التي سيتم عزفها ليلة الحفل تحديدا، ولم يأملوا يقينا أن يكون الحضور عازفين موهوبين.

ولنقل بعبارة أخرى إن هذا الجمع من الفنانين أراد جمهورا لديه تحديدا نـوع الإطار العام من المعارف التي أسـميها المعارف الأولية الثقافية. إنهم لم يتوقعـوا جمهورا قادرا على إنتاج موسـيقى، إنما فقط على الإنصات باهتمـام وفهم. وأود أن أقول، على المنوال نفسـه، إن العلماء ليس لهم أن يحاولـوا إنتاج جمهور قـادر عمليا على إنجاز العلم. ومن ثم فإن ما ينبغي أن ننشده بدلا عن ذلك، هو جمهور قادر على مناقشة القضايا ذات الصلة بالعلم مناقشـة الفاهم الواعـي. أي بعبارة أخرى، جمهـور توافرت لديه المعارف الأولية العلمية.



6

حالة المعارف الأولية العلمية

لم نكد نقرر أن هدفنا المنشود هو إعداد مواطنين توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية حتى سألنا أنفسنا مباشرة عن ماهية الحالة الراهنة للمعارف الأولية العلمية بين الناس، حيث إن هذا هو ما سوف يحدد لنا نقطة الانطلاق. وأصبح لزاما أن نبدأ في الواقع بالسؤال عن كم عدد المواطنين الذين لديهم معرفة صحيحة بالعلم الآن؟ وهذا سؤال تصعب الإجابة عنه وتستلزم معالجته الاستعانة بمهارة عالم اجتماع.

ولكي نفهم مدى الصعوبة التي ينطوي عليها قياس المعارف الأولية العلمية بين الناس حري أن نفكر فيما يلي: نعرف كم هو يسير علينا استبيان ما يعرفه الطلاب

«إن تزايد عدد المعنيين بالبحث عن معلومات خاصة بالعلم هو في الحقيقة القوة التي أثارت الاهتمام لزيادة عدد ما نسميه «الصحافة العلمية»

المؤلف

عن موضوع ما بعد استكمال مقررهم الدراسي، وهذه هي وظيفة الامتحان آخر العام. بيد أن هذه المعلومات، على أهميتها، لا تخبرنا بشيء ذي قيمة عما سوف يحتفظ به هؤلاء الطلاب أنفسهم عندما يقرأون صحيفة بعد ذلك ببضعة شهور (أو بضع سنين).

يعرف كل معلم ظاهرة تآكل أو تناقص المعارف مع الزمن. وأرجو من القارئ، على سبيل المثال، أن يعود بفكره إلى أيام أن كان طالبا بالمدرسة الابتدائية: كم من مهارات القسمة المطولة اكتسبتها بشق الأنفس في أثناء العام الدراسي السابق، وكنت تستطيع مع نهاية الصيف أن تستعيدها مع أول يوم في العام الدراسي الجديد؟ وتدرك الأغلبية العظمى من المدرسين على مستوى الجامعة حقيقة تناقص المعلومات، إذ يفترضون أن الطلاب نسوا كل ما تعلموه من مقررات دراسية في المدرسة الثانوية بعد تخرجهم.

وأقول في النهاية: إن المعارف الأولية العلمية تتألف من المعارف التي جرى استبقاؤها والاحتفاظ بها وليست المعارف المكتسبة. ولكن المعارف المستبقاة لا يمكن اختبارها مستخدمين تقنيات المدارس والجامعات. ومن ثم يتعين استحداث طرق تقييم جديدة للتعامل مع هذه القضية، طرق تتضمن متابعة الكبار الذين أنهوا تعليمهم الرسمي.

وعلى الرغم من المناقشات بشأن تعليم العلوم في بلدنا، فإن الشيء المثير للدهشة هو أن نعرف أن مهمة اكتشاف معيار كمي لقياس المعارف الأولية العلمية لدى كبار السن لم يُنهض بها إلا أخيرا. وجدير بالذكر أن أول دراسة استقصائية تسنى لي العثور عليها ومعنية بكبار السن الأمريكيين هي دراسة أجريت في العام 1957 تحت رعاية الرابطة الوطنية لكتّاب العلوم. ويمكن القول في ضوء المعايير الحديثة إن تصميم الدراسة يتصف بالبساطة وليس وراءه جهد فكري عميق. ويطلب التصميم من المشاركين التحدث عن أربع قضايا سائدة وقتذاك: إضافة الفلوريد إلى الماء (مَنْ مِنَ القراء يتذكر هذا؟)، عنصر الإسترنتيوم 90 (منتج من اختبارات الأسلحة الذرية في طبقات الجو)، مصل شلل الأطفال (مكتشف حديثا)، والأقمار الاصطناعية في الفضاء (التي

كانت نادرة آنذاك). وطبيعي أن المشكلة مع مثل هذا النوع من الدراسات الاستقصائية أن القضايا الساخنة والملحة اليوم سرعان ما تصبح رؤوس موضوعات الأمس. وغني عن البيان أن لا أحد اليوم ســوف يثير قضايا مثل قضية إضافة الفلوريد إلى الماء، أو عنصر الإســترنتيوم 90، فضلا عن أن الأقمار الاصطناعية والأمصال أضحت شائعة حتى أنها نادرا ما تشــغل الوعي الحديث. معنى هذا مــن وجهة نظر قياس المعارف الأولية العلمية أن مشكلتنا مع هذا النوع من الاختبار هي أنه لا سبيل إلى مقارنة إجابة العام 1957 عن الســؤال عن إضافة الفلوريد بالإجابة حديثا عن سؤال عن بحوث الخلايا الجذعية. وواضح أن هذا النوع من الاستقصاء لا يحقق لنا تقدما مادام أن من أولى مهام العالم الاجتماعي تحديد خط الأساس المقابل لأي تغير يمكن قياسه.

جون ميللر وميلاد التقييم الكمي للمعارف الأولية العلمية

تطبيق مناهج علم الاجتماع على مشــكلة تقييم المعارف الأولية العلمية هو مجال أسســه، كما يشــار إليه بعامة، جون ميللر، وهو الآن جون هانا أســتاذ الدراســات التكاملية بجامعة ولاية متشــيغان. وجون رجل ضخم الجسم، ذو خصلة شعر بيضاء، وحاجبين كثَّين مهيبين، يكاد من يراه يشعر بالرهبة لولا ما لديه من حس فكاهي، وابتسامته التي لا تفارقه، وما لديه مــن مدد قصصــي حلو لا ينتهي. تعاونا معا فــي الماضي لإنجاز عدد من مشــروعات المعارف الأولية العلمية. لذلك حين تحدثت إليه بشأن تضمين أعماله في كتابي هذا رتبنا لقاء مشــتركا عند عودته إلى واشنطن لإنجاز بعــض أعماله. والتقينا في إحدى ليالي الخريف الممطرة بينما كان لايزال جــون متأثرا بفارق الزمن بعد رحلته إلى الصين. وجلســنا معا في مطعم لبناني هو المطعم الأثير لديّ، وذلك لمناقشة الكيفية التي يمكن بها تأسيس مجال جديد للاستعلام الفكري.

قال: «لم أبدأ حياتي بالاهتمام بالمعارف الأولية العلمية... في الحقيقة كانت أطروحتي لنيل درجة الدكتوراه (في جامعة نورث وســترن) دراسة عن طريقة الأطفال في اكتســاب مفهوم الجنسية القومية»، وأعرف أن

جون بدأ عمليا عمله الدراسي الجامعي بجامعة شيكاغو، حيث حصل على درجة الماجستير وتعلم كيف يجري بحوثا استقصائية. واكتسب أيضا المهارات الرياضية المعيارية للعالم الاجتماعي الحديث. ونتيجة لذلك فإنه حين قرر أن يقضي فترة من الزمن خارج نطاق دراسته لاكتساب قدر من خبرة الحياة العملية الواقعية في الحكومة، كان المديرون يقاطعونه مباشرة بغلظة فيما يعرف الآن باسم «مكتب الإدارة والميزانية»، و«مكتب سياسة العلم والتكنولوجيا». قال ضاحكا: «بعد ذلك أخبروني أنهم في حاجة إلى رجل يعرف كيف يحسب». ولم يكن الأمر شأن المسلسل التلفزيوني وست ونغ (*)، فقد سمحوا لنا بدخول الطابق الأول في البيت الأبيض فقط».

كان يشعر ببهجة غامرة وهو يحكي قصة عن حدث خاص في هذه الفترة من حياته. اقتضى عمله أن يعرض الميزانية المقترحة للبرامج التي يشرف عليها وذلك في اجتماع رسمي، وتضمن طلبه عددا من الوظائف الجديدة كمفتشين للأغذية في الموانئ. وكان يعرف أن مدير مكتب الميزانية المسؤول عن إدارة لجنة الاستماع مدمن على شرب القهوة ونادرا ما ترى يده من دون كوب قهوة. ونتيجة لذلك فإنه حين حان وقت عرض البند الخاص بالمفتشين شرع في تقديم شرح لكيفية تجفيف حبوب البن في أفريقيا عن طريق الاكتفاء بتعريضها للشمس فترة من الزمن. وأوضح أنه خلال هذه الفترة من المتوقع - بطبيعة الحال - أن تحلق الطيور فوقها، وطبيعي أيضا، كما تفعل الطيور عادة، أن تضيف بعضا من ملوثاتها إلى الحبوب. وقال إن العدد الزائد المطلوب من المفتشين لا بد من وجوده للتأكد من أن مثل هذه الحبوب الملوثة لن تدخل السوق الأمريكية. حدق المدير بنظرات ملؤها الشك في كوب القهوة الذي في يده وزمجر متحدثا إلى مساعده: «عليك أن تتأكد من وجود المفتشين للمراقبة».

(*) The West Wing، أو الجناح الغربي: هو مسلسل درامي عُرض فيما بين العامين 1999 و2006، ويتناول يوميات العاملين في البيت الأبيض تحت إدارة رئيس الحزب الديموقراطي. والجناح الغربي هو المبنى الذي يضم مكاتب رئيس الولايات المتحدة الأمريكية. ومن بينها المكتب البيضاوي [المحررة].

استمتع جون بعمله الحكومي، غير أن أحد رؤسائه أسدى إليه نصيحة جيدة جدا، إذ قال له: «إذا لم تترك العمل وتعمل على نيل درجة الدكتوراه فسوف تظل إلى الأبد مساعدا». وهكذا عاد أدراجه إلى مقاعد الدراسة.

وفي نورث وسترن بدأ أول اهتمام له بالمعارف الأولية العلمية. كان على علاقة بامرأة صاحبة آراء سياسية يسارية متطرفة «أذكر أن عملت أنا في الحملة لمصلحة كنيدي، بينما هي كانت تعمل لمصلحة ألدريدج كليفر»، وفي الوقت نفسه لعب التنس مع فريق من الرجال الذين يدرسون ليكونوا مهندسين متخصصين في الهندسة النووية. وأذكر أن قضية الطاقة النووية تصدرت الاهتمام العام آنذاك، ودخل أصدقاء جون في محاجاة شديدة في هذا الشأن «وانتهى بهم الأمر إلى أن كان كل منهم يقذف الآخر بطعامه». وأثارت هذه القضية ثائرته، ومن ثم بدأ يقرأ عن الموضوع باهتمام. وتذكر قائلا: «اكتشفت أنه لا بد للمرء من أن يعرف بعضا من العلم لكي يحسن التعامل مع القضية. فإذا كان لزاما عليك أن تدلي برأيك في اقتراع بشأن أمر متعلق بالطاقة النووية وأنت لا تعرف شيئا عن العلم فإن آراءك ستكون رطانة غريبة عن الموضوع». وقادته هذه الرؤية الناقدة إلى السؤال عن أنواع القضايا التي يحتاج المرء إلى الإلمام بها ليعرف كيف يؤدي دوره بوصفه مواطنا. وهذا ما ناقشته في الفصل الثالث. ونظرا إلى أنه عالم اجتماع فقد شرع أيضا في السؤال عن كيفية اكتساب الناس هذه المعارف - عملية تعلم يراها جون بعضا مما سماه «التنشئة الاجتماعية السياسية».

وبعد أن فرغ جون من مهمة معينة خاصة بإحدى كليات جامعة ولاية شيكاغو، انتقل إلى جامعة إيلينوي الشمالية في ديكالب، وهي مدينة تقع في المنطقة المخفية من شيكاغو. وعمل هناك نائبا للعميد للدراسات العليا. ويذكر أنه وقتذاك توافرت الأموال اللازمة (من إدارة كارتر) لإنجاز مشروعات أفادت في استخدام عاطلين لأداء «أعمال الخير» لمصلحة نظم الحكم المحلية، واستخدم المال لتوظيف عاملين لإنجاز دراسات استقصائية في عدد من الحواضر الإدارية، علاوة على دراسات استقصائية لطلاب

المدارس العليا والكليات لدراسة كيفية اكتساب حس المواطنة. واستخدم كثيرا من العاملين بعض الوقت (كان الأمر أشبه بإدارة مشروع ماكدونالد الأضخم عالميا)، ولهذا حرص دائما على البحث عن مشروعات جديدة لضمان عملهم. وسرعان ما أدرك أنه أنشأ معملا للدراسات الاستقصائية لتحقيق غرض عام، وأطلق عليه اسم معمل الرأي العام. وتفاوض بعد ذلك من أجل الانتقال من عمله نائبا للعميد لكي يتفرغ كل الوقت لإدارة وحدته الاستقصائية الجديدة.

وبحلول أواخر السبعينيات بدأ يدرك أن الحوار العام في أمريكا في سبيله إلى أن ينشغل أكثر فأكثر بالقضايا العلمية، وأن لديه الآن منظمة قادرة على إنجاز دراسات استقصائية عن المعارف الأولية العلمية. وحصل على منحة من المؤسسة القومية للعلوم، وذلك للعمل في إنجاز المشروع. «وبدأنا العمل في ركن منزو به أرفف كتب تخلصت منها المكتبة، واستخدمنا أشكالا بالورقة والقلم لإجراء أول استقصاء». وبعد بضع سنين أنجز الشكل الأساسي للاستبيان، وشرع في تجميع البيانات التي ستشكل ما أصبح فيما بعد برنامج مؤشرات العلم والهندسة، وهو برنامج يجري تنفيذه منذ عشرين عاما، ولايزال حتى الآن يشكل المعيار الذهبي للحدود الزمنية للمعارف الأولية العلمية.

ونقل جون عمله في أثناء ذلك إلى مبنى فندق مجاور للجامعة، جرى تجديده وبات يفكر في توسيع نطاق عمله بحيث يضم مؤسسات دولية تتعاون معه في مشروعاته. وكان أول هذه المشروعات في العام 1988، وهو دراسة استقصائية مقارنة بين الثقافات، بين الولايات المتحدة وبريطانيا. وقال: «لم تكد البيانات الخاصة بكل من الولايات المتحدة وبريطانيا تتوافر لدينا حتى أصبح كل فرد في مكانه المخصص له. وتتوافر لدينا الآن بيانات من أكثر من عشرة بلدان مختلفة تستخدم جميعها، من حيث الجوهر، مجموعة الأسئلة نفسها». والحقيقة أن هذا الجانب الدولي من عمله هو الذي فسر اضطراب فارق الزمن الذي شعر به في تلك الليلة في واشنطن.

وجدير بالذكر أننا لن نلقى كثيرا من المفاجآت عندما نقارن بين دراسات استقصائية عن أمريكا وأخرى عن بلدان أوروبية، ولكن عندما سألت جون عن بعض المشكلات التي واجهها في الصين، بدأت تتوالى

على لسانه حكايات مثيرة. قال: «بياناتهم تتركز أساسا على الرجال وتلقي بثقلها في انحياز إلى الرجال. الأزواج لا يسمحون لزوجاتهم بالتحدث مع الباحثين، ولذلك أبدى العلماء الصينيون حاجتهم الماسة إلى التعامل مع هذه المشكلة». ونعرف عمليا أن هذا النوع من المشكلات يظهر واضحا جليا في بلدان أخرى، ولهذا تضم فرق الباحثين الآن نساء لعمل لقاءات شخصية مع نظيراتهن (من دون معرفة الأزواج).

علاوة على هذا ثمة عدد كبير من السكان في الصين (تذهب بعض التقديرات إلى أنهم نحو 100 مليون) مسجلون داخل الريف ولكنهم يعيشون عمليا في المدن. ونظرا إلى أن إقامتهم غير شرعية فإنهم غالبا ما يحجمون عن إفشاء أسرار عن المعلومات السكانية للغرباء.

ولكن على الرغم من هذه المشكلات فإن العمل لتجميع ومقارنة المعلومات على نطاق العالم بشأن المعارف الأولية العلمية مستمر يوميا ويزداد باطراد، ويا لها من مسافة طويلة فاصلة بين تراشق ذلك الطالب بالطعام وذلك الركن المنزوي ذي أرفف الكتب.

صياغة الاختبار

يرى جون أن إطار المعارف الأولية العلمية (الذي يسميه هو: المعارف العلمية الأولية للحياة المدنية) يتألف من ثلاثة عناصر: (1) معرفة المفترضات الذهنية العلمية الأساسية؛ (2) فهم عمليات العلم؛ (3) فهم تأثير العلم في المجتمع. هذا على الرغم من أنه يستخدم فقط الاثنين الأولين في دراساته المقارنة للتداخلات الثقافية. ونظرا إلى أنه كان معنيا بتأسيس برنامج طويل المدى من الاستجابات فقد اختار أن يكون موضوع الاختبار هو المفاهيم التي لا تتغير أهميتها مع الزمن، وهي المفاهيم المتصلة بما أسميه في الفصل الثاني عشر الأفكار الكبرى.

وجدير بالذكر أن الأسئلة الخاصة بالاستقصاء يمكن أن تكون إما أسئلة غير مقيدة بحدود وإما أسئلة تستلزم إجابة مختصرة. مثال ذلك أن أحد الأسئلة غير المقيدة بحدود بشأن المفترضات الذهنية العلمية تبدأ على النحو التالي:

عندما تقرأ مصطلح الدنا (DNA) في صحيفة يومية أو مجلة، هل تجد لديك فهما واضحا لمعناه، أو فهما عاما لمعناه، أو فهما محدودا لمعناه؟

إذا أفاد الشخص بأن لديه «فهما واضحا» أو «إدراكا عاما» لمعنى المصطلح فإن الباحث يواصل بالسؤال التالي:

عبر بكلماتك أنت من فضلك، ما هو الدنا؟

وتُسجَّل الإجابات كما هي حرفيا ثم تُشفَّر مستخدمين إجراءات تعمية محكمة، وهي إجراءات تحقق، كما ظهر بوضوح، نتائج موضع ثقة كبيرة. وكما هو متوقع فإن هذا النوع من الأسئلة غير المقيدة يمثل أفضل مقياس لفهم موضوعات بذاتها في مجال المعارف الأولية العلمية.

ونظرا إلى أن المجيب، أي من يُجرى معه اللقاء، في وسعه أن ينهي اللقاء وقتما يشاء، خصوصا إذا كان اللقاء عبر الهاتف، فإن عدد الأسئلة غير المقيدة التي يوجهها الباحث يحسن أن يكون قليلا ومحدودا. ولذلك فإنه يجري استكمالها بأسئلة تحتاج إلى إجابات قصيرة. مثال ذلك الأسئلة التالية التي يمكن توجيهها للإجابة عنها بصيغة خطأ/صواب:

تعمل أشعة الليزر عن طريق تركيز الموجات الصوتية.

كل النشاط الإشعاعي صناعة بشرية.

البشر الأوائل عاشوا في الوقت نفسه الذي عاشت فيه الديناصورات.

مركز الأرض شديد الحرارة.

وقد تكون بعض الأسئلة أسئلة عن وقائع بسيطة، مثل:

أيهما ينتقل أسرع من الآخر، الضوء أم الصوت؟

ولكن الاختبار لمعرفة مدى فهم العملية العلمية أكثر صعوبة، نظرا إلى أن موضوعه لا يخضع لصيغة خطأ/صواب، أو صيغة تحتوي على اختيارات متعددة. واستخدم جون نهجا يقتدي بصيغة السؤال عن الدنا سالف الذكر، وسأل المبحوث عما إذا كان يفهم عملية الاستطلاع العلمي، ثم، عند الإجابة بنعم، يسأله عن تفسير. (لوحظ أن الإجابة الأكثر عمومية

عن هذا السؤال هي القول إن العلم يتضمن التجريب، وهي إجابة شعر معها جون بأنها تشير إلى الحد الأدنى المقبول من فهم الموضوع). وثمة أسئلة معينة بذاتها استهدفت سبر فهم الاحتمالية والفارق بين التنجيم وعلم الفلك، ودور الجماعات الضابطة في التجارب. وجرى وضعها في صيغ متباينة وتضمينها في الاختبار.

وتشتمل الدراسة الاستقصائية الأمريكية النمطية على نحو 2000 مشترك. ولكن الأسئلة الخاصة بالمعارف الأولية العلمية في الاتحاد الأوروبي تكون، عادة، متضمنة في دراسة استقصائية أضخم نصف سنوية اسمها البارومیتر الأوروبي، وتشتمل على نحو 1000 مشترك عن كل بلد خاضع للدراسة.

ومن يحصل من المفحوصين على درجات تزيد على 67 في المائة في اختبارات المفترضات الذهنية العلمية، ويكشفون عن الحد الأدنى من فهم المنهج العلمي، يوصفون بأنهم «مثقفون علميا» أو «جيدو الخبرة العلمية».

وكما ذكرت آنفا فإن أحد استخدامات هذا الاختبار هدفه أن تواكب الاتجاهات القومية في المعارف الأولية العلمية الزمن. وهكذا يصبح الاختبار أشبه بلوحة تسجيل البيانات التي نعرف منها مدى ما حققناه من تحسن في جهودنا. ويمكن القول إنه من الناحية المثالية، يمثل أي اختبار جرى تصميمه لتحقيق هذا الهدف نتائج تفكير جدّي طويل، وبالتالي يمكن أن يحتفظ بصيغته نفسها على مدى زمن طويل، ما ييسر لنا عقد مقارنات بين فترات زمنية مختلفة وتفسيرها بسهولة. ويمكن كذلك، في الوقت نفسه، عقد مقارنات بين الأمم المختلفة، حيث إنها تتضمن أسئلة مشتركة في الاختبارات التي وجهها الباحثون إلى أقطار مختلفة.

نتائج الدراسات الاستقصائية

إذا ألقينا نظرة إلى البيانات التي حصل عليها جون على مدى العشرين عاما الأخيرة فستبرز أمامنا نتيجتان مهمتان:

1 - متوسـط درجات المعارف الأولية العلمية لدى الإنسان الأمريكي آخذ في الازدياد خلال العقد الماضي.
2 - يتجه الأمريكيون إلى أن يكونوا في القمة أو قربها عند عقد المقارنات الدولية.

وهذه نتائج قمينة بأن تثير دهشـتنا إذا عرفنا ما كشف عنه طلاب المـدارس العليا الأمريكية من ضعف في اختبـارات التحصيل الدولية في كل من العلوم والرياضيات، فضلا عن عدم التحسـن في اختبارات المدارس الابتدائية والمتوسطة والثانوية. علاوة على ذلك فإنه نظرا إلى أن جـون أعد اختباراته لاختيار الكبار وليس الطلاب فإن لنا أن نتوقع قدرا من التدني في مسـتوى الفهم فـي الأعمار الكبيرة. وهذا التوقع من شـأنه أن يثير حيرتنا أكثر إزاء الأداء النسـبي الجيد للكبار.

وليسمح لي القارئ بأن أعرض بعض الأرقام لتوضيح النقطتين سالفتي الذكر: في مطلع تسعينيات القرن العشرين كان عدد كبار السن الأمريكيين الذيـن صنفهم جون بأنهم «مثقفـون علميا» نحو 12 في المائة من مجموع السكان. ولكن هذا العدد قفز في الدراسة الاستقصائية للعام 2005 إلى 28 في المائة، في ضوء اختبارات جرت خلال السـنوات الوسـيطة كشفت عن تحسن مطرد [1].

وليس ثمة سـبب في هذه النتائج يدعو إلـى الرضا عن الذات. إن 28 في المائة من الأمريكيين يفون بشـروط جـون (وهي صراحة الحد الأدنـى) الخاصة بالمعارف الأوليـة العلمية، ما يعنـي تقريبا أن ثلاثة أمريكيين من بين كل أربعة لا يفون بالشـروط. وطبيعي أن هذه النتيجة لا توحي بالثقة بقدرتنا على إدارة حوارات عامة متقدمة خلال السنوات المقبلة. وتكشـف الاتجاهات، من ناحية أخرى، عن أننا بالفعل نفعل ما هو صواب. ويمكننا من أن نثير السـؤال (الذي أثيره في الفصل الثاني عشر) كيف لنا أن نتحسن تأسيسا على هذه القاعدة؟

بـدت المقارنات الدوليـة مفاجئة بالمثل، إذ كشـفت هذه الدراسـات الاستقصائية التي أجريت في التسعينيات عن أن المعارف العلمية الأساسية عند الأمريكيين تبلغ 12 في المائة، بينما كانت قريبة من 10 في المائة فقط

عنـد البريطانيين، يتلوهم الدنماركيون والهولنديون (8 في المائة). وجاءت الولايات المتحدة ثانية بعد السـويد في أحدث دراسـة استقصائية جرت أخيرا بـ «35 في المائة» [2].

وبعـد أن واجهنا هـذه الاتجاهات طويلة المدى فـي البيانات فإن أول سـؤال يطرأ على الذهن هو: لماذا كانت كذلـك؟ أعني أنه في ضوء تدني نتائج الطـلاب الأمريكيين في اختبارات التحصيل، لماذا اسـتطاع الكبار الأمريكيون أن يكشفوا عن تحسن في المعارف الأولية العلمية ويظهروا في صورة جيدة في المقارنات الدولية؟

وعندما طرحت هذا السـؤال على جـون كانت لديه الإجابة جاهزة. قال: «أفضل مؤشـر يدل على نجاح هـذه الاختبارات هو عدد المقررات الدراسـية العلمية على مستوى الكلية التي درسـها كل فرد. إن ما نراه هنا هـو نتيجة أن الأمريكيين مطالبون بتلقـي مقررات في العلم داخل الجامعة، بينما الأوروبيون والآسـيويون ليسـوا كذلـك». ويُعزى ارتفاع درجات المعارف الأولية العلمية في الجانب الأكبر منها إلى زيادة المقررات الدراسـية التي تستهدف تحديدا غير العلماء في الجامعات الأمريكية. وهذا هو ما سنطلق عليه في الفصل الثامن «الفيزياء للشعراء وحركات العلم الموحد».

إن هذه المقررات الدراسـية إذا صُممـت وقُدمت على النحو الصحيح فإن بإمكانها أن تزود الطلاب بالأدوات اللازمة لقراءة وفهم المسـتحدثات العلمية الجديدة علـى مدى عقود عديدة مقبلة من حياتهم. والحقيقة أن كثيرا من المقررات الدراسـية العلمية على مسـتوى الكلية والتي يدرسها الكبـار غير العلميين تزودهم ببصيرة نافذة قيمة للغاية لفهم طبيعة المادة وتطـور وبنية الكائنات الحية، وفهم طبيعة كوكبنا والكون الذي نعيش فيه. مثال ذلك أن هذه المقررات الدراسـية بقدر مـا تمثل عونا للطلاب لتعلم شـيء عن طبيعة وبنية الدنـا DNA، بقدر ما تمثـل أداة لهؤلاء الطلاب أنفسـهم لقراءة وإعمال الفكـر في قضايا التعديل الجينـي لعقود مقبلة مسـتقبلا، حتى إن لم نعرف اليوم حقيقة محتوى خلافات المستقبل وكيف ستكون على وجه الدقة.

وواقـع الأمر أن الدراسـات الاسـتقصائية التـي أجراها جون تحـدد أثريـن إيجابيين لمقررات دراسـة العلم عند مسـتوى الكلية. أحدهمـا، وليس لنـا أن ندهش هنا، هو أن الطـلاب الذين تزودوا بالخلفية الأساسـية للمعارف الأولية العلمية يظلون محتفظين ببعض تلـك المعارف في حياتهم بعـد ذلك. والثاني ليس مباشـرا إلى حد كبيـر كهذا، ولكن يمثل في النهاية عاملا مهما شـأنه شـأن المعارف المباشـرة التي تحصلت للمرء عن طريق المقررات الدراسـية. ويبين في خاتمة المطاف أن من تلقوا مقررا في العلم في الكلية هم الأقدر من سـواهم، على أرجح تقدير، على الاستفادة من فرص تعليم العلم غير الرسـمية، وما أكثرها في مجتمعنا. إنهم على الأرجح يطالعون الكتـب والمجلات ومقالات الصحف التـي تتناول العلم. وهم الأرجح أيضا في الإقبـال على زيارة المتاحف، ومشـاهدة البرامج التلفازية مثل برنامج نوفا NOVA (*) وغير ذلك. إنهم، بعبارة أخرى، سـوف ينغمسـون - على الأرجح - في التعلم مدى الحياة، مادام الأسـاس الضروري توافـر لديهم ليمكنهم من ذلك. وغني عن البيان أن تزايد عـدد المعنيين بالبحث عـن معلومات خاصة بالعلـم هو في الحقيقة القوة التي أثارت الاهتمام بزيادة عدد ما نسميه «الصحافة العلمية». وهذه نقطة سـنعود إليها سـريعا.

ولكن أيا كانت الأسـباب فإن قاعدة المعلومات الدولية الضخمة التي أنجزها جون لا تحدد لنا نقطة الانطلاق فقط في بحثنا من أجل المزيد من المعارف الأولية العلمية، بل تهيئ لنا مؤشـرا إلى الكيفية التي يجري بها البحث. وتخبرنا كذلك بأن النغمة التشـاؤمية السـائدة على لسان الكُتّاب من أمثال موريس شـاموس ربما تكـون غير مكتملة النضج إلى حد ما. ونعرف أن موريس شاموس أبدى يأسه الكامل من إمكان تحقيق أي تقدم على الإطلاق في هذا المجال، وذلك في كتابه «أسطورة المعارف الأولية العلمية».

(*) نوفـا Nova: هو برنامج علمي يتضمن لقاءات مع علماء مختصين للحديث عن مواضيع أو اكتشـافات علمية. بدأ بثه عام 1974، وأسـهمت الـ «بي بي سي» (البريطانية) في إنتاج حلقاته الأولى. ويعرض اليوم على قناة الـ «بي بي إس» (PBS) الأمريكية [المحررة].

تقييم برامج محددة للمعارف الأولية العلمية

الآن، وقد عرفنا الأدوات المتاحة لنا لقياس المعارف الأولية العلمية لدى كبار السن من السكان، أصبح في الإمكان الانتقال إلى مشكلة تقييم عدد من البرامج المحددة. ويمثل هــذا، يقينا، مناط الاهتمام الأول في حقبتنا التي تعتمد على المعايير. ولدينا قضيتان من شأنهما، في حدود ما أعرف، أن تجعلا مهمتنا صعبة إن لم أقل مستحيلة:

أولاهما، وسبق أن ألمحت إليها، وهي تتضمن تناقص المعارف مع الزمن. إننا إذا سـلمنا بالدراسة التحليلية التي أنجزها جون بشأن السبب الذي من أجله كشـفت أمريكا عن نتائج جيدة نسبيا في الدراسات الاستقصائية عن المعارف الأولية العلمية، فإن وقت تلقي شـخص مـا للمادة العلمية يجب أن يتساوى، من حيث الأهمية، مع ما تلقاه. إنه لمن المستساغ، على سبيل المثال، أن نتوقع لشــخص قرأ أخيرا مقالا في مجلة تايمز عن مبحث الوراثة (وقد كان هنــاك عدد من تلك المقالات أخيرا) أنه ســوف يجيب إجابة جيدة عن السؤال الخاص بموضوع الدنا DNA الذي أوردناه في السابق، بينما شخص آخر قرأ مقالا مماثلا لهذا قبل ســنتين لن تكون إجابته عند المستوى نفسه. معنى هذا أننا لســنا فقط في حاجة إلى معرفة ما أُنجز في مقرر دراســي رســمي، بل يجب أن نعرف أيضا آخر الاطلاعات غير الرســمية على العلم. وهذه قد تكون مهمة محبطة لدراسة استقصائية طوعية لمدة 20 دقيقة.

وينقلنــا هذا إلى النقطة الثانية. إننا حين نعاير مســتوى المعارف الأولية العلمية عند الشــخص الكبير نكون بصدد الأثر الموحد المتكامل للتعلم مدى الحياة، التعلم الرســمي وغير الرســمي معا. وكم هو مستحيل عمليا هنا أن نســتخلص من هذا النوع مــن البيانات أثر مقرر دراســي تجديدي للصف الثالث في العلم أو أثر زيارة متحف. وحتى إذا افترضنا أن الناس في وسعهم تذكر نوع ما تلقوه من تعليم في المدرسة الابتدائية فإن الأثر الناجم عن مقرر دراسي بعينه سوف يمتزج بكل المتغيرات الأخرى التي تتضمنها المشكلة.

معنى هذا أننا إذ نكون بصدد تقييم برامج محددة بذاتها فإننا ســوف نرتد إلى نمــوذج الامتحان النهائي التقليدي حتى إن لم يزودنا بالمعلومات التي نريدها حقيقة. ولنا أن ندفع بأن شــخصا ما تهيأت له خبرة خاصة

مع مستوى رفيع من المعارف الأولية العلمية سوف يحتفظ على الأرجح بمزيد من المعرفة في فترة تالية، وذلك لسبب بسيط هو أن لديه كثيرا مما يتسنى له أن ينطلق على أساسه. وعلى أي حال فإن هذه، بالإضافة إلى ما توافر لدى جون لرسم معالم النجاح الشامل لمشروعنا، هي كل ما لدينا من معلومات نفيد بها.

استطراد تقني: نظرية الإجابة عن المفردات، وتصميم الاختبار، والمقارنات بين الثقافات

فكرة جيدة أن ننظر بين الحين والآخر إلى البيانات بقدر من العمق أكثر مما فعلنا حتى الآن في هذا الفصل. ذلك أن هذا النوع من التدريب يمكن أن يهيئ للقارئ قدرا من الفهم لمدى تعقد العالم الواقعي، الذي يتوارى عادة وراء المعلومات التي تبدو لنا على السطح معلومات بسيطة. وسوف أعرض في هذا الفصل ما أسميه نظرية الإجابة عن المفردات (ن ج م)، وهي منهج نظري لتحليل نتائج الاختبار والاستقصاء عن طريق تأمل الإجابات عن أسئلة أو «مفردات» بعينها. ولكن القارئ الذي يريد أن يتخطى هذا القسم التقني، إلى حد ما، في وسعه أن يقنع بالمناقشة المعروضة في ختام الفصل من دون أن ينقطع اتصاله بالموضوع.

عند تقييم المعارف المتوافرة لدى المشاركين في اختبار أو استقصاء معين يكون من الممكن غالبا تحصيل كم من المعلومات أكثر مما تتضمنه درجات الاختبار في حالتها الظاهرة، إذ نستطيع - على سبيل المثال - تحليل الاستجابات الفردية لنتبين مدى جودة تصميم الاختبار أو الاستبيان، ما يسمح لنا باستبعاد الإجابات عن الأسئلة المصممة بطريقة سيئة.

علاوة على هذا فإنه كثيرا ما يحدث أن نقدم صورا مختلفة من الاختبار نفسه إلى جماعات مختلفة. مثال ذلك الاختبارات التي تُقدَّم في بلدان مختلفة ونادرا ما تكون متطابقة بعضها مع بعض على مدى فترة زمنية طويلة. لذلك، من المفيد إلى أقصى حد أن تكون

لدينا طريقة لمقارنة النتائج بعضها ببعض على الرغم من الفوارق بين الاختبارات من حيث التفاصيل. وهنا نقول: لقد صُمِّمت نظرية الإجابة عن المفردات بوصفها منهجا نظريا هدفه معالجة هذا النوع من المشكلات.

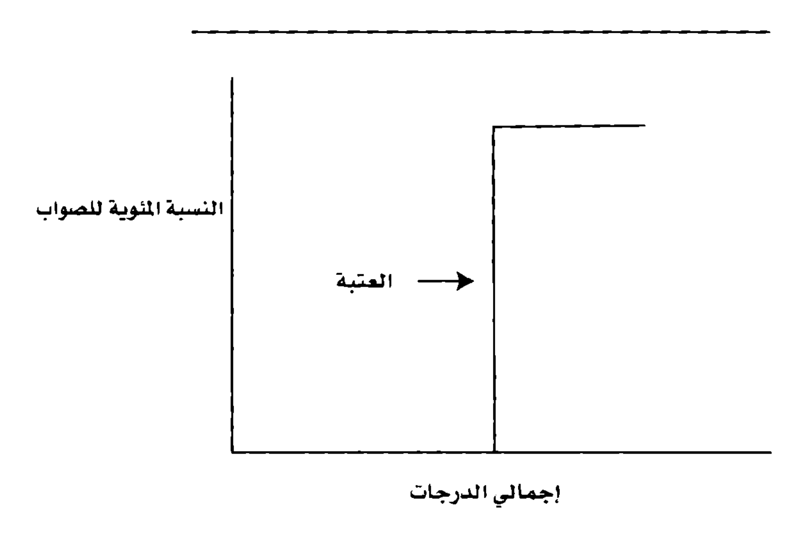
وجدير بالذكر أن مسألة أو مفردة «مثالية» تتعلق باختبار «مثالي» نتوقع لها أن تسير على نحو مقارب لما يلي: إن من أنجزوا مستوى معينا من الفهم لموضوع الاختبار سوف يتوصلون إلى إجابة صحيحة، بينما من لم يتوافر لهم هذا المستوى من الفهم سوف يخطئون. معنى هذا أن الإجابة عن السؤال ستدلنا بنفسها عما إذا كان الشخص موضوع الاختبار قد حقق المستوى المطلوب من المعارف أو لا.

ومشكلتنا مع هذا الموقف المثالي أنه يستلزم منا أن يكون لدينا أسلوب مستقل - إلى حد ما - لمعرفة مستوى معارف الشخص. وقد يكون هذا ممكنا في بعض الحالات (مثال ذلك عند اختبار القراءة الاستيعابية، حيث توجد اختبارات أخرى لمستوى القراءة المتاح). ولكن غالبا ما تكون حال معارف الشخص هي الهدف الذي نحاول قياسه، ولهذا لا تكون معروفة لنا في البداية.

والطريقة المعتادة للالتفاف على هذه المشكلة هي استخدام إجمالي درجات اختبار الشخص كمقاربة تقربنا من تقدير حال المعرفة عند هذا الشخص. ويمكننا في هذه الحال عمل مخطط بياني للمسألة التي تعنينا في صيغتها المثالية على غرار المخطط المبين في الشكل (6 - 1) ونحدد على المحور الأفقي إجمالي درجات الاختبار، بينما نجد على المحور الرأسي النسبة المئوية للمختبرين الذين أجابوا إجابات صحيحة.

ويتبين لنا من هذا المخطط البياني أن أي أحد حصل على درجات دون رقم معين في الاختبار لم يستطع الإجابة عن السؤال، بينما كل من حصلوا على درجات أعلى من هذا الرقم أجابوا. ورأينا أن نسمي هذه الدرجة الحرجة من إجمالي درجات الاختبار باسم العتبة، لأنها علامة دالة على نقطة الانتقال نحو هذه المسألة.

ويمكن القول، تأسيسا على السؤال موضع البحث، إن هذه العتبة يمكن أن تكون أي درجة مئوية من صفر في المائة إلى 100 في المائة. وسوف تتطابق أول هذه الإمكانات المحتملة مع سؤال يمكن أن يجيب عنه عمليا كل شخص وهو: «هل الجو الحار يميل إلى الارتفاع أو الانخفاض؟» ويتطابق الثاني مع سؤال لا يمكن لأحد أن يجيب عنه: «اشرح مفهوم إعادة الوضع المعياري في نظرية المجال الكوانتية». (عمليا، إذا كانت العينة موضع الاختبار ضمت أخصائيا في الفيزياء النظرية فإن بالإمكان الحصول على إجابة صحيحة عن السؤال الثاني، ولكن حدوث مثل هذا الأمر غير محتمل إحصائيا).

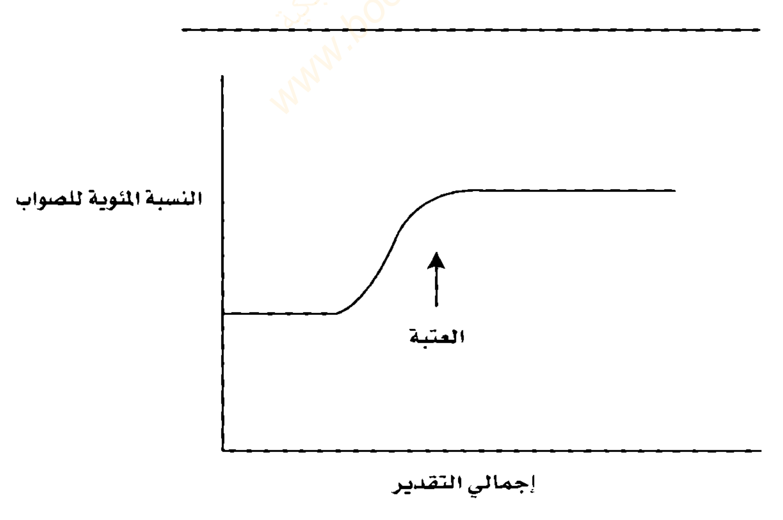


الشكل (6 - 1): إجابات افتراضية عن سؤال في اختبار مثالي

وطبيعي أن كلا من حالتي صفر في المائة و100 في المائة لا فائدة منهما من وجهة نظر التحليل بما أنهما لا تسمحان بعقد أي نوع من التمييز بين المختبرين. إذ لو أن كل شخص قادر على أن يجيب عن سؤال، أو لا أحد بمقدوره أن يجيب فإن الباحث لن يعرف شيئا يذكر عن معامل الارتباط بين نوع محدد بذاته من المعارف وعوامل أخرى مثل التعليم.

ونجد من ناحية أخرى أنه عندما تكون العتبة بين هذين الطرفين على نحو ما هو ظاهر في الشكل (1 - 6) فإنها بذلك تمايز بين المختبرين: أولئك الذين يجيبون إجابة صحيحة سوف يحصلون على درجات يزيد مجموعها على العتبة، بينما من يخفقون في الإجابة سـيحصلون علـى درجات أقل. ويتألف الاختبار المثالي من بنود تتصاعد عتباتها على مراحل، بما يعني أن الجميع تقريبا سيكون في وسعهم الإجابة عن السؤال الأول، ولا أحد تقريبا سيكون في وسعه الإجابة عن السـؤال الأخير. سـيكون من السهل نسـبيا، بفضل مثل هذا الاختبار، أن نستنتج آثار عوامل مثل العمر والجنس ومستوى التعليم على النتائج المتحصلة.

وطبيعي أنه لا يوجد اختبار «حقيقي» مبني على الأسئلة أو المفردات سيعطي نتائج تماثل ما هو موضح في الشـكل (6 - 1). ومن ثم فإن الإجابات الفعلية عن مفردات بعينها ستكون أكثر شبها بالمنحنى المبين في الشكل (6 - 2) الذي نسميه «منحني الإجابة عن المفردات». وتأتي هذه النتيجة على عكس الخطوة الحـادة التي تحدثنا فيها عـن الحال المثالية، إذ إنها تبـين تصاعدا تدريجيا للإجابـات الصحيحة مع بيان درجات الاختبار، وبذا تمثل موقفا أكثر واقعية. ويتضمن هذا المنحنى كثيرا من النقاط التي تحتاج إلى مناقشة.



الشكل (6 - 2): منحنى الإجابة عن المفردات: إجابات نمطية عن أسئلة ضمن اختبار واقعي

يبين المنحنى أنه سيكون هناك عدد من الإجابات الصحيحة حتى بالنسبة إلى من كان أداؤهم في الاختبار ضعيفا، ومن ثم (وفق ما هو مفترض) لا يعرفون شيئا عن موضوع الإختبار. وسبب ذلك أنه في اختبارات الاختيارات المتعددة أو اختبارات خطأ/صواب يحدث أن شخصا يخمن الإجابة عشوائيا ويحصل على إجابات صحيحة عن نسبة مئوية معينة عند أداء الاختبار في كل مرة. وتتجلى هذه الحال في الاسم الذي يطلقه الإحصائيون على المكان الذي يتقاطع فيه المنحنى مع المحور الرأسي - إذ يسمونه معلم (بارامیتر) التخمين guessing parameter. مثال ذلك أنه في اختبار متعدد الاختيارات يتضمن أربع إجابات محتملة يكون أبسط تقدير لمعلم التخمين 0.25، إذ لو أن «شمبانزي» أمسك الاختبار ربما يحصل على إجابة صحيحة من بين الإجابات الأربع (عمليا المعلم [البارامیتر] أكثر تعقيدا بقليل من هذا؛ لأنه كلما زادت معرفة المرء زادت قدرته على إلغاء الإجابات الخاطئة، ومن ثم يقل عدد التخمينات المحتملة).

النقطة الثانية التي نود أن نشير إليها هي أن هذا المنحنى على الرغم من أنه يبين زيادة في النسبة المئوية للمشاركين في الاختبار والحاصلين على إجابة صحيحة مع زيادة المعرفة، فإنه لا يتضمن العتبة الحادة التي نراها في الحالة المثالية في الشكل (6 - 1). ويتضح لنا هذا عند ملاحظة خاصيتين للمنحنى، النقطة التي عندها يجيب 50 في المائة من المفحوصين عن السؤال إجابة صحيحة، وهي العتبة، وانحدار المنحنى عند هذه النقطة. وتبين واضحا أنه كلما كان المنحنى أكثر انحدارا كان أقرب إلى الدنو من المثالي. وتعتبر هذه الأرقام الثلاثة - معلم التخمين والعتبة والمنحدر - هي الخصائص المميزة للمنحنى.

لماذا نحن في حاجة إلى نظرية الإجابة عن المفردات لتحليل نتائج الاختبارات؟ يعرض جون ميللر مثالا مهما، إنه حينما تضمن اختبار جرى تطبيقه في اليابان سؤالا عن الاحتمالية وعلم الوراثة، تغير

الموضوع من موضوع يشتمل على احتمال العيوب الولادية (كما هو في الصيغة الأمريكية) إلى موضوع يشتمل على احتمالات اللون في الأزهار (والذي كان لسبب ما أكثر اتساقا مع الممارسات التعليمية اليابانية). أنى لنا أن نقول إن هاتين الصيغتين المختلفتين للسؤال متماثلتان من حيث الصعوبة؟

يقول جون: «الأمر هنا أشبه بالغطس في الأولمبياد، إن كل غطسة لها مستوى صعوبة محدد يُستخدَم لتقدير درجات الحكام على الغطسة نفسها. معنى هذا أن الغواص الذي حصل على 10 درجات من الحكام عن غطسة بسيطة يمكن عمليا أن ينتهي به الأمر ويكون أدنى مستوى من غواص حصل على درجات أقل عن غطسة أصعب كثيرا. ونجد على المنوال نفسه أن نظرية الإجابة عن المفردات تهيئ لنا وسيلة لمقارنة صعوبة أسئلة الاختبارات».

وحري بنا أن نشير إلى أن نظرية الإجابة عن المفردات لها استخدامات كثيرة شأن الأغلبية العظمى من التقنيات الرياضية. وقدم جون مثالا يُقرِّب الأمر إلى فهمنا ومن ثم يستخدم مثالا لاختبار القدرات الدراسية SAT. ويقول موضحا: «يُقدَّم هذا الاختبار في 16 يوما من أيام السبت المتوالية، وبذلك حين يتوافر الحافز يمكن إرسال المفحوصين إلى الدورات الأولى لاستظهار الأسئلة. وهكذا يمكن للمرء في النهاية أن يحصل عمليا على نسخة كاملة. وإذا أردت تجنب هذا الاحتمال فإن عليك تقديم 16 اختبارا مختلفا. معنى هذا بطبيعة الحال أن عليك أن تعرف بندا بندا أن الاختبارات محددة التقديرات والدرجات، بحيث إن الطلاب الذين يجيبون عن صيغة أكثر صعوبة بدرجة طفيفة لن ينالوا عقابا. وطبيعي أن يتوافر لدينا أسلوب موثوق به لتحديد التقديرات نظرا إلى أننا نعيش في عالم نجد فيه أن بضع نقاط محدودة في تقدير الدرجات يمكن أن تؤثر في قبول الطلاب والالتحاق بالكلية (فضلا عن الدعاوي القضائية). وهنا نذكر أن نظرية الإجابة عن المفردات هي التي توفر لنا تحديدا هذا النوع من مناهج المقارنة.

إن الفكرة التي أريد من القارئ أن يستخلصها من هذه المناقشة لنظرية الإجابة عن المفردات هي ما يلي: توجد وراء جماع درجات الاختبارات البسيطة التي نقرأ عنها في الصحف كثير من التقنيات المتنوعة التي منها تقنية نظرية الإجابة عن المفردات. إذ تسمح لنا بتحليل أكثر دقة وتقدما للنتائج. وأقول في النهاية: يوجد كثير جدا من التقنيات لتحليل الإجابات عن الاستبيانات التي تزيد كثيرا على مجرد إحصاء الإجابات التي تتمثل في صواب/خطأ فقط.



7

خط أنابيب البحوث

صادفت على مدى سنوات عمري عددا من الأقوال المأثورة التي وصفتها ساخرا باسم «قوانين تريفيل». ولعل أكثرها ملاءمة لموضوع هذا الفصل يمكن صياغته على النحو التالي:

كلما تصور شخص ما صورة عن الكيفية التي يعمل بها الكون، سرعان، أو بعد قليل، ما يظهر آخر يضع تصورا لنفسه، كيف يستثمر هذه المعلومة لمصلحته ويحقق منها مالا.

«إن البحوث الأساسية تمثل - بوضوح - العلم، بينما التطوير يمثل التكنولوجيا. ويحدث الانتقال من أحدهما إلى الآخر في منتصف خط الأنابيب، أي في المنطقة التي أسميها البحوث التطبيقية».
المؤلف

العلم والتكنولوجيا

طبيعي أن تحدوني رغبة، كعالم، بأن تتهيأ للناس قدرة على تقييم مهنتي لما فيها من جمال وما تضفيه من فهم عميق

لحياتهـــم، وأيضـــا لما فيها من روعة فكرية آســـرة. بيـــد أن تجربة الحياة علمتني أن الأمور ليست على هذا النحو. إذ حيثما يشرع أصحاب المناصب القيادية، خصوصا من هم في ســـدة الحكم، أو كبـــار رجال الأعمال، في الحديث عن قيمة العلم فإذا بالحديث لا يســـتغرق وقتا طويلا وسرعان ما يتحول إلى حديث عـــن المنافع الاقتصادية المترتبة على الإنجازات العلمية المتقدمة. إنني لو قدر لي أن أتقاضى قرشا واحدا عن كل مرة سمعت فيها حاكمـــا يتحدث عن بناء وادي الســـليكون الثاني في ولايته لكنت أصبحت من الأثرياء. (نعم. قد يكون في حديثي مبالغة، إذ ربما توافر لي فقط ما يمكنني من الحصول على كوب من شراب الكابتشينو الرائع الذي أحتسيه الآن وأنا أكتب).

لهذا فإننا حين نطرح ســـؤالنا «لماذا العلم؟» فإن علينا أن نواجه حقيقة أن طريقة المواطنين العاديين وكذا القادة السياســـيين ورجال الأعمال في التفكيـــر في الســـؤال هي طريقة جـــد مختلفة عن طريقة تنـــاول العلماء والمعلمـــين. تـــرى المجموعة الأولـــى أن العلم ذو قيمة كبيرة لأنه الســـبيل لتحقيق مكاســـب اقتصادية وزيادة وتعزيز صحة وســـعادة البشـــر. وترى المجموعـــة الثانية أن العلم جزء من، أو ينبغـــي أن يكون جزءا من، التعليم الليبرالي، شـــيء ندرسه لذاته وليس لمجرد أي مكاسب اقتصادية يمكن أن نجنيها من ورائه.

ويذكرنـــي هـــذا الموقف بمؤتمر شـــاركت فيه منذ ســـنوات. انعقد المؤتمر في ريشـــموند، وكان مخصصا لمناقشـــة ودراســـة حالة التعليم الليبرالـــي في نظام جامعة فرجينيا. وضـــم المؤتمر كل الجامعات في الولاية. وشـــاركت فيه كواحد من بين ممثلي جامعة فرجينيا. وتعاقب المتحدثـــون الواحد تلـــو الآخر على مـــدى يومين، وكل منهم يشـــجب بقوة ما يراه صورة لتفشـــي الروح المهنية الســـائدة بين جيل الطلاب، وانهيار الفنون الليبرالية والســـطوة التي يؤسف لها (في نظرهم) للعلم والهندسة في الدراسات الأكاديمية. ثم جاء الدور ليوجه حاكم الولاية خطابه إلى الحضور، باعتبار خطابه الخطاب الرئيســـي، وانحصر كل مـــا قالـــه في أول جملة له عـــن الكيفية التي يمكن بهـــا للجامعات أن

تخدم كنويات لخلق تكنولوجيات ومشروعات أعمال جديدة، مستشهدا بكل من مشـــروعات الطريق السريع 128 قرب بوسطن وكذلك (نعم) وادي السليكون، كمثالين لما يطالب جامعة فرجينيا بأن تنجزه. إنني لم أشهد في حياتي مثالا أوضح من ذلك، عن الهوة الواسعة الفاصلة بين الأكاديميات وبقية السكان.

وأجد لزاما أن أصرح بأنني باعتباري أحد العلماء الأساســيين في الاجتماع شــعرت بغصة المهانة وأنا أســتمع إلى حديث حاكم الولاية، خصوصا بعد أن أمســكت عن الكلام على مدى يوم ونصف. بيد أنني كلمــا أطلت التفكير في الأمــر ازددت إدراكا بأن وجهتي النظر اللتين عبر عنهما المتحدثون في المؤتمر ليســتا متباعدتــين تماما. إن العلم يجمع بين كونه أداة توليد للنشاط الاقتصادي، وكونه جزءا من التعليم الليبرالي، وأنه هكذا كان دائما. وأود أن أوضح أن الفكرة الأساســية فــي قانون تريفــل المذكور آنفا هي أننا حين نشــرع في تطبيق المنهج العلمي على مشــكلات الطبيعة، حتى إن كانت المنافع الاقتصادية هي أبعد شــيء عن أذهاننا، فإننا نعمل حتما على توليد تلك المنافع شئنا أم أبينا.

وتوجد أمثلة كثيرة جدا في التاريخ تؤكد هذه الفكرة التي لا أكاد أعرف من أين أبدأ بها. ولعل مطلع القرن التاســع عشر هو أفضل وقت نبدأ به. إذ هذه هي الفترة التي بدأ فيها تطبيق المنهج العلمي لدراســة طائفة من الظواهر الطبيعية القديمة، ولكنها غريبة، ومنها الكهرباء والمغناطيســية. إذ علــى الرغم من أن هذه الظواهر كانت معروفــة منذ العصور القديمة فإن دراســتها دراسة منهجية لم تبدأ إلا في أواخر القرن الثامن عشر، ثم أصبحت واضحة في ثلاثينيات القرن التاســع عشــر. إذ تبين للعلماء أن ظاهرتي الكهرباء والمغناطيســية مترابطتان على نحو وثيق على الرغم من ظهورهما وكأنهمــا ظاهرتان مختلفتان كل منهما عن الأخرى. واســتثمر عالــم الفيزياء البريطاني ميشــيل فاراداي هذه الرابطة في سلســلة من التجارب المذهلة التي أنتجت المقدمات الأولى للمحرك الكهربائي الحديث والمولد الكهربائي.

وقصــة حياة فــاراداي مثيرة للاهتمــام بخاصة: ابن لحــداد، كان عضــوا في طائفة مســيحية صغيــرة. والمعروف أنه فــي مطلع القرن التاســع عشر كان أبناء كنيســة إنجلترا الرســمية هم من في إمكانهم الالتحاق بالجامعات، ولذلك كانت سبل التعليم الرسمي مسدودة أمامه. وكان الســائد وقتــذاك عمل الفتيان تلاميذ لمهنة ما، حتى يتســنى لهم تعلمها. وهكذا ألحق أبو فــاراداي ابنه للعمل تلميذا مهنيا لدى صاحب مكتب تجليد كتب. وهنا طالع فاراداي الكتب التي يجلدها، وكشــف من خــلال مطالعاته عن اهتمام عميق بالعلم. وأعطــاه أحد العملاء عددا من البطاقات لحضور سلســلة محاضــرات يقدمها همفري دافي عالم الكيمياء المبرز. وســجل فاراداي عديدا من الملاحظات عن المحاضرات في لوح نحاســي فيكتوري جميل، وجلَّد الملاحظات المطبوعة بغطاء من الجلد، وقدمها هدية إلــى دافي عندما قدم طلبا للعمل معه في وظيفة مســاعد. واستخدمه بالفعل ثم شق طريقه صاعدا ليشغل منصبا رفيعا في الأوساط العلمية الإنجليزية. وأكثر من هذا، حل ضيفا مرات عديدة في بلاط الملكة فيكتوريا.

والقصــة التي أريد أن أحكيها تتعلق بيوم صاحب فيه فاراداي رئيس الــوزراء البريطانــي في جولة فــي معمله (نظرا إلى أني ســمعت هذه القصة تروى عن كل رئيس للوزراء البريطانيين تقريبا منذ 1815، لذلك ســأترك للمؤرخين مهمة تحديد أي رئيس وزراء هــو الحقيقي). وثمة افتراض بأن رئيس الوزراء بعد أن شاهد الأجهزة القديمة قال: «حسنا، يا ســيد فاراداي، هذا كله جميل ولكن ما الفائدة؟». أجاب فاراداي: «ما الفائدة؟ حســنا، سيدي رئيس الوزراء، ســوف تستطيع يوما أن تفرض رسما ضريبيا عليه!».

مغــزى القصة أنه لا رئيس الوزراء بكل حكمته وبصيرته ولا فاراداي، والمفترض أنه أعظم علماء عصره، استطاع أن يخمن إلى أي وجهة سوف يقودنــا هذا الخليــط من المعدات والأجهزة. إذ كانت المســألة من وجهة نظــر فاراداي لا تعدو محاولة تبيان كيف تعمــل الطبيعة، فضلا عن أن الأجهزة هي بشــكل أو بآخر منتجات عرضية غير مسبوقة لهذا البحث.

وإن أيا من الرجلين لم يكن بوسعه التنبؤ بالعالم الحديث حيث الطاقة المختزنة في الفحم أو اليورانيوم أو مساقط المياه يمكن استخدامها لإدارة مولدات ضخمة تنتج تيارا يسري إلى جميع القارات عبر شبكة من خطوط الطاقة.

ومع هذا، كم هو عسير تخيل المجتمع الحديث من دون منافع أجهزة فاراداي. يكفي أن نتصور شيئا بسيطا مثل ركوب السيارة والضغط على زرار، فإذا بالنافذة الزجاجية تنفتح هابطة إلى أسفل. هنا محرك كهربائي صغير، يمثل إحدى السلالات البعيدة لما رآه رئيس الوزراء يوم زيارته لمعمل فاراداي، وهذا المحرك هو الذي دار وفتح النافذة. ولعل القارئ استخدم محركات كهربائية مئات المرات كل يوم من دون أن يعرف ذلك. إن أي جهاز مثل المروحة الكهربية أو الكومبيوتر أو مجفف الشعر أو مكيف الهواء. يستخدم مثل هذه المحركات. ويكفي أن نقول إن شبكة الطاقة الكهربية العظمى التي تحيط بالعالم هي إحدى النتائج الرائعة لأعمال فاراداي، وإن لم تدر بخلد أحد عند اختراعها. وهنا أقول إن هذه العبارة ذات معنى خاص عندي وأنا أكتبها. ذلك أنه منذ أسبوع مضى اجتاحت واشنطن العاصمة عواصف هوجاء غير مسبوقة تساقطت بسببها أشجار، وانقطع التيار الكهربي عن مئات الآلاف من المنازل. وبعد أن قضينا يومين من أيام الصيف الحارة من دون كهرباء أدركنا أنا وجيراني قيمة جديدة لإنجازات ميشيل فاراداي، ومدى إسهاماته لرفاه البشرية.

وإذا عدنا بالذاكرة إلى الماضي من واقعنا الراهن، نجد من اليسير علينا أن نتبين أهمية إنجازات فاراداي، وسرعان ما ندرك جدوى البحوث الحديثة التي تستهدف تقدم قدراتنا على توليد الكهرباء. ولنتأمل كمثال جهود تطوير واستحداث مجموعات للخلايا الشمسية ذات الفعالية العالية. ولكن وكما تبين ملاحظات رئيس الوزراء، لم يكن واضحا في العام 1830 أن الأبحاث في المجالات المحفوفة بالأسرار عن الكهرباء والمغناطيسية سوف تحقق أي شيء آخر سوى إشباع الفضول المعرفي لدى الباحث. وليس من شك عندي مثلا أنه لو سأل أحد فاراداي وقتذاك

عما إذا كانت أعماله ستفضي بنا إلى وسيلة لإضاءة المنازل أفضل من مصابيح الزيت لارتبك فاراداي، إذ سوف يستعصي عليه فهم ما يتحدث عنه السائل. ولكن حري بنا أن ندرك أنه خلال الأربع والعشرين ساعة المقبلة سوف يضغط من يطالع هذا الكتاب على زر ويضيء النور الكهربي بفضل عبقرية السيد فاراداي الذي أبدعه.

وهكذا نجد أن الفضول المعرفي للعلماء والجدوى العملية لجهودهم أمران مترابطان. وينقلنا هذا إلى السؤال: كيف يتحقق على وجه الدقة والتحديد الترابط بين الأوجه المختلفة للمشروع العلمي، وكيف يفضي أحدهما حتما إلى الآخر من خلال ما أسميه خط الأنابيب. إن هذا السؤال جرى طرحه تقليديا في اللغة المعيارية لسياسة العلم في ضوء ثلاثة أنواع من العمل العلمي: البحوث الأساسية والبحوث التطبيقية والتطوير. ويجدر بي أن أوضح أنني حتى هذه اللحظة من المناقشة لم أكن دقيقا تماما في استخدامي لمصطلحي العلم والتكنولوجيا. إن الاثنين، وعلى الرغم من أنهما مترابطان ليسا متطابقين. وسوف يبين الفارق بين الاثنين بوضوح من خلال متابعة خط أنابيب البحث. وجوهر الأمر أن البحوث الأساسية تمثل - بوضوح - العلم، بينما التطوير يمثل التكنولوجيا. ويحدث الانتقال من أحدهما إلى الآخر في منتصف خط الأنابيب، أي في المنطقة التي أسميها البحوث التطبيقية.

البحوث الأساسية: المعرفة من أجل المعرفة

إذا كان المستهدف من حديثنا العلماء الذين اتخذوا قاعدتهم للعمل في الجامعات. وهم على ما يبدو العلماء الذين تشير إليهم الأنباء غالبا. فإن الاحتمال الأكبر أنهم سيقولون إنهم ينجزون شيئا اسمه البحوث الأساسية. وإن الأسلوب المعياري لتحديد هذا النشاط هو قولنا إن البحوث الأساسية هي بحوث يجريها العلماء لهدف واحد فقط هو معرفة المزيد عن الطبيعة، ودفع حدود المعرفة إلى نطاق أبعد في مجال المجهول. وميزة هذا التعريف أنه بسيط، بيد أنه يركز على حالة عقل الباحث أكثر مما يركز على البحث ذاته.

كيف ينمو العلم؟

عندمـــا أفكر في البحوث الأساســية فأنا أوثر التفكير في طريقة نمو واتســاع نطاق العلم مع الزمــن. وأتصور هذه العملية وكأنها أشــبه بنمو الشجرة. إذ تحتل مكان القلب تلك المبادئ الكبرى والأساسية التي تحققت مرات ومرات، والتي لا يتشكك فيها أحد بشكل جاد. ويدخل في هذه الفئة قانون بقاء الطاقة والقوانين الأساسية للكهرباء والمغناطيسية والتطور عن طريــق الانتخاب الطبيعي. إنها لب فهمنا لعالمنا، وهي الهيكل الأساســي الذي ينبني عليه بقية العلم. وإن هذه الأفكار - كما سبق أن أوضحت في الفصل الأول - مؤسسة على نحو راسخ صلب بحيث لنا أن نأخذها مأخذ التسليم بكل ما في الكلمة من معنى.

ليــس معنى هذا أن الأفــكار المركزية التي تمثل القلب للعلم ليســت محصنة ضد التغيير. وإنما المعنى أن التغير بالنســبة إليها يأخذ شــكل وضع حدود لصوابها، وليس إبدالها بشــيء جديــد. ولنأخذ كمثال على هــذه العملية أثــر ميلاد النســبية وميكانيكا الكوانتم فــي مطلع القرن العشــرين في إدراكنا لصواب قوانين نيوتن عــن الحركة. ونذكر أنه في العام 1905 نشــر شاب باحث في بيرن ورقة بحث شديدة الغرابة. تبدو ورقة البحث ممعنة في أسلوبها الفلسفي، وتكاد لا تتضمن أي إشارة إلى مرجــع للمعلومات الواردة فيها. وتقترح أن ثمة مبدأ أساســيا أولَ يحكم حركة العالم. وسمي هذا المبدأ النسبية، ويؤكد أن قوانين الطبيعة واحدة بالنسبة إلى كل المراقبين في الكون بغض النظر عن حالة حركة المراقب. واستهل ألبرت أينشــتين بهذا البحث ثورة عميقة في أسلوب العلماء في النظر إلى الكون.

ولكــن من المهم أن ندرك أن نظرية أينشــتين لــم تحل محل نظرية نيوتن بــأي حال من الأحــوال. إنها فقط حددت معالــم المنطقة التي تصدق فيهــا قوانين نيوتن. وحيث إن الدعــم التجريبي لقوانين نيوتن اشــتمل على الأجســام التي تتحرك ببطء، فإن تلــك القوانين لاتزال صادقة في تطبيقها على هذه الأجســام. وإن ما أوضحه أينشــتين هو أننا لا نســتطيع أن نأخذ قوانين صادقــة في تطبيقها على منطقة ما.

الأجسـام المتحركة ببطء. ونطبقها تلقائيا على أجسام أخرى. أجسام تتحرك حركة قريبة من سرعة الضوء. وجدير بالإشارة أنني حين أريد توضيح هذه الفكرة لطلابـي أحدثهم عن خبرة ركوب طائرة في مطار أمريكي. إنك إذ تدخل الطائرة تجد كل من حولك يتحدثون الإنجليزية. ولكن ليس لك أن تفترض أن القاعدة نفسها سوف تصدق حال خروجك مـن الطائرة. قد تكون الإنجليزيـة أو ربما لغة أخرى هي لغة الحديث فـي موقع هبوطك الجديد. كذلك، وعلى المنوال نفسـه، لا يسـعنا أن نفتـرض أن قوانين نيوتن التي اسـتُقرئت من الأجسـام بطيئة الحركة سـوف تصدق حين توسع نطاق تطبيقها لتشمل مناطق أخرى غير تلك التي تم التحقق فيها من صدقها.

وليسـمح لـي القارئ بـأن أتحدث بلغـة الأرقام بدلا مـن أن أخاطر بالسخرية من هذه الفكرة. نعرف أن من أشهر تنبؤات أينشتين (التي أثبتت صدقَها تجارب كثيرة) تفيد بأن السـاعات المتحركة سوف تبطئ حركتها. هذا كلام معقول، ولكن إذا ما اسـتخدمنا معادلات أينشـتين لحساب كم وحدة سـتبطئها أو تتأخرها السـاعة إذا ما قاد المرء سيارته بسرعة 60 ميلا في الساعة، فسوف نكتشف سريعا أن على المرء أن يستمر في قيادة سيارته مدة أطول من عمر الكون لكي يرى أن ساعته تأخرت ثانية واحدة. ولهذا فإن السـاعات الذرية هي وحدها القـادرة على قياس الزمن حتى 13علامة عشـرية، ولذلك هي التي يمكنها فعليا تمييز الفارق بين وصف كل من نيوتن وأينشـتين للعالم الظاهر المعياري. وهذا هو السبب في أننا لانزال نستخدم قوانين نيوتن عند تصميم ناطحات السحاب وإرسال سفن المسبار الفضائي إلى الكواكب الخارجية.

وفـي النهايـة نجد أن نتيجة أعمال أينشـتين أننا نـرى قوانين نيوتن لاتـزال صائبة فـي النطاق ذاته الذي تحققت فيـه وليس خارجه. ونقول من باب التسـجيل إن حجة مناظرة تماما يمكن أن نسـوقها بشأن توسيع نطاق قوانين نيوتن لتشـتمل على أجسـام في حجـم الذرات. ونلحظ في هذه الحالة أن القوانين الجديدة تندرج تحت اسم ميكانيكا الكوانتم، التي استحدثت في عشـرينيات وثلاثينيات القرن العشـرين. وكما هي الحال

بالنســبة إلى النســبية، فإننا حــين نطبق قوانين ميكانيــكا الكوانتم على أجســام ذات أحجام عادية تتحرك بســرعات عادية، فإننا عمليا نحصل على النتائج نفسها كما لو أننا طبقنا قوانين نيوتن.

معنى هذا أنه في لب الشجرة العلمية توجد القوانين الأساسية الكبرى من مثل قوانين نيوتن ومبدأ النســبية. ومن ثم فإن هدف كل علم هو دفع قوانينه وأفكاره لتستقر داخل تلك الدائرة الآسرة.

وإذا تحركنا بعيدا عــن المبادئ الجوهرية التي تمثل منطقة القلب، دخلنا ما يشبه المنطقة الرمادية، حيث الأفكار لاتزال في دور الاختبار، حيث لاتزال موضوعا لسبر حقيقتها كما يمكن أن يقال. أرى هذه أشبه باللحاء الخارجي للشجر. وإذا تحركنا أبعد من ذلك فسوف نصل إلى منطقة مثيرة حيث النمو عمليــة جارية حيث الأفــكار الجديدة تولد وتذوي وتمــوت في صراع وجود فكري هائل. وأرى هذا أشــبه بمنطقة ما بين القلب واللحاء أو ما تحت لحاء الشجرة، وهو المكان الذي تتم فيه فعليا عملية إنتاج أو نمو الخشب الجديد.

ونقول إن الجانب الأعظم من البحوث الأساســية يتم إلى حد كبير في هــذه المنطقة، حيث تطفر على الســطح ظواهر جديدة كل يوم، ويكون كل ما يظهر عرضة للاقتناص. إنه نطاق مثير للعمل، وليس لنا أن ندهش من أن العلماء يتناقشون بشراسة لاقتناص الأماكن القليلة نسبيا المتاحة هناك علــى الحافة. وهذا هو أيضا المــكان الذي تبدأ منه عمليا جميع القصص التي تحكي أنباء العلم والذي يفضي أحيانا إلى مشــكلات. مثال ذلك إذا كان مصــدر الاتصال الوحيد بالعلم هو مصــادر الأنباء هذه. وهو الموقف الذي تصفه الأغلبية العظمى من أبناء المجتمع. فإننا على الأرجح سيتكون لدينا انطباع بأن المعارف العلمية نتاج لا يعرف الاســتقرار. إذ ما النتيجة الأخــرى التي يمكن أن نخلص إليهــا إذا رأينا نتيجة ما اختصتها العناوين الرئيســية، كحدث مدو اليوم لا لشيء ســوى أنها تناقض نتائج أخرى، ثم نرى العناوين الرئيسية في اليوم التالي تهلل لنتائج أخرى مناقضة؟

جــاء حين من الزمن كانت المهمة الرئيســية للعلم هــي محاولة إقناع طلابه بأن العلماء لا يحيطون بكل شيء علما، وأنه لاتزال هناك مساحات شاسعة من الجهل خارج نطاق ما هو معروف. ولكن بسبب الأنباء الشائعة

تحولـت مهمتنا لتصبح محاولة إقنـاع جيل جديد من الطلاب بأن العلماء يعرفون شـيئا ما. وإذا تأملنا التناظر بين المعرفة العلمية والشجرة النامية نرى أن الجيل السـابق من الطلاب ركز جهده على خشـب القلب الصلب في جذع الشجرة، ولم يكن واعيا بطبقة النسيج الخلوي الواقعة بين اللحاء وخشب الشجرة (الكامبيوم). هذا بينما الطلاب اليوم يظنون أن الكامبيوم هو كل ما هناك ولا شيء غيره.

نتائج البحوث الأساسية

تتمركـز البحوث الأساسـية عند حافة الفهم الضبابية وعلى السـطح البيني المتداخل بين المعرفة والجهل. وتماما مثلما كانت حال فاراداي، حيث لـم يكن باسـتطاعته التنبؤ بنتائج بحوثه وأثرها فـي الرابطة بين الكهرباء والمغناطيسية، كذلك نجد حال العلماء اليوم إذ نراهم في أغلب الأحيان في حيرةٍ، عاجزين عن أن يقدموا أكثر من تنبؤات شديدة العمومية عن المصير الذي ستفضي إليه أعمالهم. وهكذا فإن إحدى خاصيات البحوث الأساسية هي الصعوبة الأصلية في التنبؤ بالنتائج والآثار المحتملة مسبقا.

ولنأخذ مثالا، مجال فيزياء الجسـيمات الأولية التي بدأت بها حياتي العملية. يتخصص هذا المجال في أكثر أنواع البحوث أساسـية، ويشـتمل على طبيعة المكونات الأولى للمادة والطاقة. وتكلف البحوث في هذا المجال أموالا طائلة، إذ تستلزم توافر مسرعات ضخمة تصل تكاليفها إلى بلايين الدولارات. واسـتطاع اليوم المركز الأوروبي للبحـوث النووية CERN في جنيف أن يستكمل ببراعة آلة تسمى «صادم الهادرون الضخم» (*) Large Hadron Collider (LHC). ويحـدو العلماءَ أمل كبير بفضل هذا الجهاز في التوصل سريعا إلى فهم المكونات الأولية التي تألف منها الكون. ومثلما اسـتطاع فاراداي وزملاؤه أن يحققوا اختراقـا بالوصول إلى فهم طبيعة الكهرباء والمغناطيسـية، كذلك يأمل العلماء المحدثون في إنجاز فتح علمي بفضل فهم المادة.

(*) عُرفت التجربة باسم اصطدام الهادرون الضخم، وهي محاكاة لـ «الانفجار الأعظم» الذي يعتقد أنه مصدر لنشأة الكون. وفي سبتمبر 2008 واجه الآلة خلل تسبب في تعطيل تشغيلها، واستلزم إصلاحه 14 شهرا، ليتم بعدها إطلاق التجربة بنجاح في 20 نوفمبر 2009. [المحرِّرة].

إلى أين سيقودنا هذا؟ لا سبيل أمامنا على الإطلاق لكي نعرف. بيد أننا نستطيع أن نتأمل ونخمن قليلا. ونحن نعرف من معادلة أينشتين الشهيرة E=mc2 أن المادة والطاقة مترابطتان، لذلك يمكن أن تكون إحدى نتائج فهمنا لطبيعة المادة معرفة مصادر جديدة للطاقة لتكون قوة دفع جديدة للمجتمع. هل بوسعي أن أضمن أن هذا هو ما سوف يحدث؟ طبعا لا. كل ما أستطيع أن أقوله إن قانون تريفيل صدق وحقق نتائج دائما في الماضي، لذلك فإن الناس، على مدى قرن من الآن، سينظرون من دون شك إلينا مثلما نحن ننظر الآن إلى فاراداي ورفاقه وندهش بالتغيرات الهائلة التي أحدثوها في ظروف حياة البشرية.

وليسمح لي القارئ بأن أعرض مثالا توضيحيا شخصيا أخيرا عن الطريقة التي غالبا ما يقلل بها المشتغلون بالبحوث الأساسية من الآثار المحتملة لأعمالهم. أسعدني الحظ كثيرا إذ كنت طالبا للدراسات العليا في ستانفورد خلال ستينيات القرن العشرين، وقتما كان آرثر سكاولو، الذي حاز جائزة نوبل فيما بعد، عاكفا على تطوير جهاز يمثل قمة العصرية اسمه ليزر، وذلك في معمل في الطابق السفلي في بناية الفيزياء. ويتميز سكاولو بأنه إنسان ضخم البنية، مرح، يفيض بهجة إذ يتناول الغداء مع طلابه في مكان العمل. وأذكر جلسة وجه له فيها أحد الحاضرين سؤالا عن جدوى جهازه خارج نطاق البحوث الأساسية. تفكر لحظة ثم أعرب عن اعتقاده أن من المحتمل استخدام الليزر لصنع أداة محسنة لتصويب الأخطاء الواردة في الآلات الكاتبة الكهربائية.

وأريد أن أتدخل هنا وأوضح أن هذا لا يعني أننا لا نستطيع اتخاذ قرارات عقلانية بشأن تمويل وإدارة وتوجيه البحث الأساسي. فإن هذا هو ما تفعله دائما وأبدا الوكالات الفدرالية والشركات الخاصة. إنك إذا أردت معلومة محددة (مثل بعض خصائص إحدي المجرات البعيدة) فإن بالإمكان على الأرجح تصور وسيلة لذلك. وجوهر الأمر أننا لا نكاد نحصل على المعلومة حتى نكون في الأغلب الأعم غير قادرين على تخمين التغيرات التي يمكن أن تفضي إليها هذه المعرفة أخيرا في حياة البشر.

وهكـــذا يمكن القول إن البحوث الأساســـية تجــري في الأغلب من دون رؤيـــة واضحة تتنبأ بالنتائج النهائية التــي يمكن أن تفضي إليها. ونجد من ناحية أخرى أن المبادئ الأساســـية الكبرى التي تشكل القلب بالنســـبة إلى العلم هي نتائج البحوث الأساســـية التي أنجزتها الأجيال الســـابقة من العلماء في الماضي. يبـــدأ كل منها كومضة مصباح كهربي تومـــض في رأس العالم كأنه فكـــرة أخرى على حافة المجهول. وطبيعي أن اســـتحضار الفكرة من على الحافة إلى مكان القلب هي مهمة أخرى من مهام البحوث الأساســـية، وقد تبدو أقل سحرا ولكنها يقينا تعادلها مكانة وشأنا.

أخيـــرا فإنه التزاما بالاختبار الدائم أبدا الذي تخضع له بالضرورة الأفـــكار العلمية هناك عدد قليـــل من العلماء ذوي المكانة والجســـارة المشـــغولين دائمـــا بمحاولة إثبات زيف أو على الأقـــل الحد من المبادئ الأساسية الكبرى التي تمثل القلب. ويتصف هذا الإجراء بعامة بأنه عالي المخاطرة عالي الجزاء. ونقول أخيرا إن الأسباب التي من أجلها احتلت هذه المبادئ الأساســـية مكان القلب هـــي أنها صمدت أمام الاختبارات التي أجرتها أجيال العلماء. ولكن ثمة توقعا دائما باحتمال بيان خطئها في المجالات التي لم يتســـن اختبارها فيها. ونذكر كمثال قانونا بعينه. قانون نيوتن عن الجاذبية. ربما اختبر حتى خمس خانات عشرية، ولكن ربمـــا يكون هناك جديد في الخانة العشـــرية السادســـة. وربما اختُبر داخل نطاق المجموعة الشمسية ونطاق المعمل، وليس على نطاق أميال. وأعود لأقول هناك دائما إمكانية لأن يكتشـــف شخص ما شيئا جديدا. (تمثل عمليا كل من هاتين الحالتين محاولات إثبات زيف القانون والتي انتهـــت بإثبات صدقه، ومن ثم أدت في الواقع إلى ســـد الثغرة القائمة في معرفتنا). وجدير بالإشارة أن المبادئ الأساسية الوحيدة التي تحتل القلب ولاتزال تخضع لعمليات اختبار قوية هي تلك التي تشـــتمل عليها نظرية أينشتين عن النسبية العامة. وسبب ذلك أن اختبار النظرية يمثل تحديـــا تقنيا. ولكن خلال العقود القليلـــة الأخيرة فقط تقدمت أدواتنا المستخدمة في البحث بحيث أصبحت بعض الاختبارات ممكنة.

ولنا أن نقول ختاما إن البحوث الأساسية يمكن أن نجدها في جميع ألوان الطيف للنشاط العلمي. إنها مصدر توليد أفكار جديدة عند الحدود الفاصلة، وتختبـر وتتفحص تلك الأفكار على مدى الزمن، وتسـتمر في عملية الاختبار حتى لأكثر المبادئ الأساسية قدسية. وبعد أن فرغت من هذا، أكرر أن الأغلبية العظمى من البحوث الأساسية جرت وتمت عند الحدود الفاصلة. أعني حيث يكون الفعل والنشاط العملي فهذا هو المكان الذي تقضي فيه الأغلبية العظمى من البحوث الأساسـية وقتها. ويعكف طاقم صغير على عملية تطوير واختبار الأفكار، كما أن بضعة علماء من ذوي القدرة والجسارة يقضون حياتهم العملية بحثا عن ثقوب تشـوب الأفكار موضع التسـليم. وإن الخيـوط الممتدة والتي تسري عبر كل هذا العمل هي: (1) نقص في المعارف التفصيلية (وغالبا نقص فـي الاهتمام) عن المصير والنتائج التي سـيفضي إليها هذا العمل في الحياة العملية؛ و(2) رغبة في دفع حدود المعرفة إلى أبعد مما هي عليه بغض النظر عـن الجدوى العملية للنتائج. وهنا يصبح السـؤال مـا يلي: كيف تفضي هذه البحوث إلى النتائج التي تغير العالم والتي كنا نتحدث عنها؟

البحوث التطبيقية: التأهب

تشتمل قوانين الطبيعة على سلسلة طويلة ممتدة من المبادئ الأساسية الكبرى الشاملة المشـتركة بين جميع العلوم وصولا إلى النتائج التفصيلية التـي يمكن أن تنطبق علـى فكرة أو حالة وحيدة فقـط. بيد أن القوانين بذاتها نادرا ما يمكن تطبيقها مباشرة على حاجة بشرية محددة بعينها. إذ يتعين بذل بعض الجهد لنقل شـيء ما من المعمل إلى الموضع المحدد الذي يمكن استخدامه فيه. وهذه هي مهمة البحوث التطبيقية.

وعلى الرغم من أنني سـاهمت في عدد محدود من مشروعات البحث التطبيقـي خلال حياتي العملية، فإنني قـررت الحصول على رؤية مهنية واقعيـة من جيف نيوماير. وهذا إنسـان عاش حياة عملية طويلة ومتميزة يدير خلالها البحوث في شـركة كبرى معنية بتكنولوجيا الفضاء. وجيف، بالإضافة إلى أنه صديق العمر، هو أيضا أول طالب أشـرفت عليه لإعداد درجة الدكتوراه في جامعة فرجينيا.

قال جيف: «يوجد أساسا موقفان... ثمة مواقف تكون التكنولوجيا موجودة تعمل والناس لديهم مشكلات يمكن للتكنولوجيا حلها. وهناك مواقف تكون فيها مشكلة محددة بدقة تستلزم حلا تكنولوجيا». ووفق رأي جيف تتألف المهارة الحقيقية في إدارة البحوث من وضع فريقين متمايزين من الناس معا. هناك من ناحية العلماء والمهندسون المعنيون بتطوير تكنولوجيات جديد، وهناك من الناحية الأخرى رجال التسويق والدعاية المعنيون بنجاح مشروع بعينه. ولا غرابة في أن الإفادة بالمبادئ الأساسية الكبرى للعمل في حل مشكلات واقعية عملية تتضمن قدرا من أسلوب الإدارة ومهارة الناس بالقدر نفسه اللازم من الخبرة التكنولوجية.

وطلبت من جيف أن يعطيني مثالا يوضح لي كيف أن حل مشكلة عملية من شأنه أن يقود العلماء إلى التعامل مع القوانين الأساسية للطبيعة. أطرق لحظة يفكر ثم قال «التصغير». إذا تأملت الأجهزة الإلكترونية الحديثة ستدرك أنها أصبحت أصغر فأصغر مع مرور الزمن. إنني حين بدأت استخدام «الكومبيوتر» لأول مرة في المدرسة الابتدائية على سبيل المثال، كانت الأجهزة ماكينات ضخمة الحجم بحيث تشغل غرفا عديدة وتستلزم فريقا صغيرا من المساعدين لصيانتها وتشغيلها. ولكن هذه الأجهزة أودعت المتاحف الآن وكانت قدرتها الحاسوبية أقل من جهاز اللاب توب الذي يزن ثلاثة أرطال وأكتب عليه هذه الكلمات.

أو لنتأمل الهاتف الخليوي. كانت الهواتف الأولى في ثمانينيات القرن العشرين في حجم قوالب الآجر المستخدمة في البناء. وجزء من الاستمتاع بمشاهدة إعادات لبرامج تلفزيونية قديمة هو رؤية الناس يستخدمون هذه الأجهزة الضخمة بأشكالها الفجة. ودخلت هذه الأجهزة نطاق الحنين إلى الماضي وحلت محلها هواتف تتلاءم جيدا مع راحة اليد، علاوة على إمكانية استخدامها لالتقاط صور وربما تحسب قيمة الضرائب على الدخل الخاص بك. ووضحت لي أخيرا عملية التقدم السريعة في تصغير أحجام التكنولوجيا حين وصلتني دعوة بالبريد الإلكتروني (الإيميل) لحضور حفل يحتفي بالثمانينيات ويعرض مشروبا مجانيا لمن يحضر ومعه أحد تلك الأجهزة القديمة.

وليسمح لي القارئ بانعطافة تقنية بسيطة هنا بغية البحث عن المشكلات العلمية التي تطرحها عملية التصغير. المجال موضع النظر هنا هو ميكانيكا الكوانتم التي هي دراسة سلوك حركة الجسيم على المستويين الذري وما دون الذري. وكما ذكرت آنفا تم استحداث هذا العلم في عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين في صورة تمرين في مجال البحوث الأساسية. ولكن بحلول العام 1947 أسس ثلاثة علماء أول ترانزستور، وهم والتر براتين وجون باردين ووليام شوكلي. وهذه هي أداة العمل الأساسية للحواسب الحديثة، بل وجميع الإلكترونيات الحديثة في الحقيقة. واقتسم الثلاثة جائزة نوبل العام 1956 من أجل هذا الاختراع. وواقع الأمر أن باردين هو الشخص الوحيد الأحق بجائزتين من جوائز نوبل في الفيزياء (الثانية العام 1972 لاستحداث نظرية الموصلات الفائقة).

بدأ أول جهاز ترانزستور في شكل فج وفي حجم كرة الجولف. ولكن مع مضي السنين أصبحت أجهزة الترانزستور أصغر فأصغر، بعد أن تحسنت وتقدمت - أكثر فأكثر - قدرة العلماء والمهندسين على تنظيم الذرات التي تصنع منها هذه الأجهزة. وسار التقدم عمليا وفق ما يسمى قانون مور اقتداء بالعالم غوردون مور أحد مؤسسي شركة إنتيل Intel. وينص هذا القانون (الذي يعتمد أكثر على الملاحظة) على أن كل خاصية من خصائص الحواسيب (الحجم والقوة الحاسوبية والذاكرة وغير ذلك) سوف تتحسن خلال 18 شهرا لتصبح ضعف حالتها الراهنة. ويبدو أن هذا القانون صدق على حجم التجهيزات الإلكترونية إلى حد أن جهاز الحاسوب أو الهاتف الخليوي قد تكون فيه مئات الآلاف من الترانزستورات فوق شريحة بحجم طابع بريد.

بيد أننا إذا التزمنا بقانون مور لنصل إلى نهايته المنطقية فسوف ندرك قبل مضي زمن طويل أن حجم الترانزستورات سوف ينكمش ويتقلص لتصبح في حجم الذرات (وهذا متوقع أن يحدث عمليا حوالى العام 2020). وواضح أن هذا سيتحول إلى أزمة من نوع ما، وهي أزمة بدأت تلوح في مجال العمل لتصغير الأجهزة الإلكترونية.

إذ كمثال ما معنى أن يملك المرء تيارا كهربيا يسري في جهاز له أبعاد الذرة بينما أبعاد جسـيمات التيار هي نفسها مثل أبعاد السلك الذي يسري فيه التيار؟

ولكي نفهم هذه المشـكلة من وجهة نظر العالم دعنا نفكر في شـيء مادي عادي في حياتنا، وليكن الورقة التي نطالعها الآن. إن جميع ذرات الورقة محاطة عمليا بذرات أخرى. وتوجد فقط نسبة مئوية ضئيلة جدا عند حافة الورقة. لقد تمت دراسـة جيدة لسلوك الذرة المحاطة بذرات أخـرى وهي جزء من المتاع العلمـي لميكانيكا الكوانتـم. ولكن حيث إن مكونات الأجهزة الإلكترونية يصغر حجمها باطراد لتكون أصغر وأصغر، فإن النسـبة المئوية من الذرات عند الحافة سـتبدأ في الزيادة، ونلحظ فـي الحقيقة أننا باقترابنا من الحد الـذي يبينه قانون مور، فإن جميع الذرات سـتكون قـرب الحافة، ومن ثم يتوقف تطبيـق النتائج المعيارية لميكانيكا الكوانتم.

معنى هذا أن العلماء عليهم أن يشـرعوا في استكشـاف نظام جديد، نظام يشـتمل على منظومات تتألف من أعداد صغيـرة من الذرات. وإذا كان بعـض هذا العمل يدخل بوضوح تحت عنوان البحوث الأساسـية فإن قدرا كبيرا لا يندرج تحت هذا العنوان. وإن من الأهمية بمكان أن نفهم أن هـذا النوع من البحوث ليس هو النـوع الذي قاد الباحثين أولا إلى قوانين ميكانيكا الكوانتـم. إذ إن تلك القوانين تصدق على منظومات فيها أعداد صغيرة من الذرات وكذا على منظومات فيها عدد كبير واسـتقاها العلماء عند البحث عن قوانين تحكم سـلوك المادة في كل حالاتها. وتتمثل المشكلة فـي أن نأخذ تلك القوانـين (وحري أن نتذكر أنها نتاج بحوث أساسـية) ونطبقها في مجال لم يسـبق للإنسان أن فكر فيه. أعني مجال منظومات تشتمل على ذرات قليلة فقط.

وكما هي الحال في أي نشـاط بشـري نجد أحيانا أن من الصعب رسـم حد فاصل بشكل صارم بين البحث التطبيقي والبحث الأساسي. ولكن في هذه الحالـة التي نحن بصددها إذا تضمن البحث النظر في مـواد وأجهزة بعينها داخل معمل صناعـي، وإذا كان الباحثون مهتمين

بحل مشـكلة بعينها وليس اكتشـاف قوانين عامـة، فإننا هنا نكون في وضع آمن تماما حين نصنف هذا العمل باعتباره بحثا تطبيقيا. وأحسب أننـا في مكان ما من هذه العملية يمكننا التحدث عن التحول من العلم إلى التكنولوجيا.

وطبيعي أنه لا يكاد العلماء والمهندسـون التطبيقيون ينجحون في حل المشـكلات التقنية الفاصلة بينهم وبين هدفهم المنشود حتى تبدأ نتائجهم فـي التحول إلى جهـاز نافع وعملي. وهذه الخطوة الختامية في سلسـلة البحث نسميها التطوير.

التطوير: العائد

أول شـيء ندركه بشـأن مرحلة التطوير لأي مشـروع هو أن المعايير غيـر العلمية تبدأ هنا ولأول مرة في أن يكون لها دور مهيمن. إن العلماء والمهندسين يمكن أن يطوروا سبيكة مدهشة لصناعة هيكل سيارة، ولكن إذا كان اسـتخدام هذه السبيكة من شأنه أن يضاعف سعر السيارة، فإن الاحتمال الأكبر أن السيارة لن تجد سوقا واسعة للاستخدام. معنى هذا أن العامـل غير العلمـي وهو هنا التكلفة أصبح لـه دور. وتوجد معايير أخرى مماثلـة: الكفاءة والحجم والوزن (لنتذكر هنـا المركبة الفضائية) والمتانة والتحمل. ووظيفة التطوير (ويسـمى أحيانـا البحوث والتطوير R&D) هي استبيان أن التطبيق النهائي لنتائج المبادئ العلمية يتمثل في منتج يؤدي الوظيفة التي يتوقعها الناس.

وحين أردت أن أستشـعر كيف يعمل هذا النوع من التكنولوجيا توجهت بالحديث إلى روبرت بلونسكي مدير شركة فيرو كوربوريشن. وهذه الشركة مورد كبير لأنواع خاصة من الكيماويات اللازمة للصناعة. وعلاوة على أن بوب صهري، فإنه أيضا حول رسـالته لينال درجـة الدكتوراه من دكتوراه في علم المواد إلى مهنة متميزة في التطوير، وهي مهنة تشـتمل على الأقل على عشـر براءات اختراع. وجدير بالذكر أن بوب، وهو رجل ضخم جاد، لا يحب شـيئا أكثر من أن يسترخي في جلسـته ويرشف بعضا من جعته ويطيل الحديث عن الأصباغ.

الأصباغ؟

نعم الأصباغ. قد يبدو للوهلة الأولى أشبه بحديث غريب في كتاب عن العلم. بيد أنني أدعوك لكي تتطلع حواليك. كم عدد الأشياء التي تراها حولك بألوانها الطبيعية؟ الاحتمال الأكبر أن الأغلبية العظمى من الأشياء التي يقع عليها بصرك مصبوغة أو مدهونة أو ملونة بشكل أو بآخر. معنى هذا أنها جميعا عولجت بالأصباغ. أصبح اللون عاملا غاية في الأهمية في حياتنا. ونعرف أن البشر تطوروا كرئيسات، وهو ما يعني أن الرؤية البصرية تمثل الأساس. وهذا هو السبب في أننا نقول «أنا أرى» حين نريد أن نقول: «أنا أفهم». ونحن البشر استخدمنا منذ زمن إنسان النياندرتال عمليات تلوين اصطناعية لتزيين أنفسنا والأماكن المحيطة بنا.

ولكن ثمة مسافة طويلة جدا فاصلة بين تلك الرسوم الزيتية البدائية غير المتقنة وبين الأصباغ الحديثة. تطورت الأصباغ من أجل استعمالات كثيرة، وليس استخدامها للزينة غير استعمال واحد. مثال ذلك أن المرء حين يدهن بيته ينتقي لونا يكسب البيت جمالا، ولكنه يتوقع أيضا أن يؤدي الدهان إلى حماية البيت من الطقس. ويتوقع كذلك أن يلتصق الدهان جيدا بالجدران الخارجية. إذ لا يريد له أن يتقشر خلال بضعة أسابيع. وهكذا ينتقل المرء سريعا من الحكم على الدهان من حيث اللون إلى الحكم عليه من حيث خصائص أخرى. التحمل والبقاء والثبات في هذه الحالة. ولنفرض أنك تريد أن يلتحم الدهان بجسم طائرة حال اختراقها حاجز الصوت. أو لنفترض أنك تريد دهانا يخفي الطائرة ولا يكتشفها رادار الأعداء. أو تريد لونا عميقا من نوع الألوان التي نراها في السيارات الحديثة. واضح أننا لن نحصل على هذه الأنواع من الدهانات عن طريق طحن بذور وثمار ملونة. وهاهنا يبدأ دور عملية الاستحداث والتطوير.

وحين سألت بوب عن حال التطوير وكيف يتم هذه الأيام، كان رد فعله مهما للغاية. قال: «تغيرت الأمور على مدى السنوات الثلاثين الأخيرة». واستطرد موضحا كيف أن أغلبية الشركات الكبرى هذه الأيام لا تتولى إنجاز بحوثها الأساسية اللازمة لها: «إذ في الأيام السابقة كانت الشركات الكبرى لديها معامل بحوث تشبه تلك التي في الجامعات. ولكن اليوم كل شيء يبدأ وفقا

لاحتياجات السـوق. وإن إدارات البحوث والتطوير أضحت بشـكل أساسـي إدارات لامركزيـة، واندمج التكنولوجيون في فرق تطوير الإنتاج». حقا إن هذه الفرق في بعض الشـركات تضم اقتصاديين وظيفتهم توقع احتياجات السوق مسـتقبلا. ويوضـح بوب أن هذا النظام الذي يبدو غريبـا تماما على العلماء الأكاديميين أثبت نجاحا هائلا وأنتج كل أنواع ما يسميه «الحشو». أجهزة تلفاز بلازما، وهواتف خليوية، وجميع تجهيزات ومستلزمات الحياة الحديثة.

ولكن أليس التركيز على تطوير المنتج يمنع الشركات من التخطيط على المدى الطويل؟

أجاب بلونسـكي: «توجد ثلاثة مسـتويات للتخطيط. أفق (1) ويتعلق بالأشـياء المطلوبة الآن. أفق (2) يتعلق بالأشـياء التي سـنحتاج إليها في خـلال العامين أو الأعـوام الثلاثة المقبلة، وأفـق (3) ويتعلق باحتياجات من 3 إلى 5 سـنوات. ويلاحظ أن شركات قليلة جدا هي التي تضع خطة جادة تتجاوز سـبع سـنوات. ونرى أساسـا أنه إذا ما ظهـرت تكنولوجيا جديدة وقررنا أننا في حاجة إليها، فإن في استطاعتنا إما أن نحصل على ترخيص بإنتاجها أو أن نشتري الشركة المالكة لها مباشرة».

نقول بعبارة أخرى، يبدو أن قسما للعمل نشأ وكبر في عالم التطوير. إن الأفـكار الجديدة وكذا التكنولوجيات الجديدة. وهي في الحقيقة الطرف النهائي لعملية البحوث التطبيقية وجوهر التطوير. تحققها في الأسـاس شـركات صغيرة ناشـئة، وغالبا مـا تنبثق عن بحـوث جامعية. وتفحص الشركات الكبرى هذه التقنيات وتمتلكها وفق حاجتها لإنتاج سلع بعينها.

واسـتنكر العلماء الأكاديميون منذ زمن طويل انصراف الشركات الكبرى عن مهمة البحث، ولكن يبدو أن النظام المعمول به يمضي بنجاح. إن الشـيء اليقينـي هو أننا لا نعاني ندرة في الأفكار الجيدة. وأوضح بلونسـكي أنه مع صبـاح كل يوم من أيام الثلاثاء ينشـر مكتب براءات الاختـراع في الولايات المتحـدة نحـو 3500 براءة اختراع جديدة. وينشـر بالإضافـة إلى ذلك كل خميـس أكثر من 6000 طلب للحصول على بـراءات اختراع. وقال مداعبا: «علـيَّ أن أصحو مبكرا في الصباح حتى أحصل علـى مكان لي في الطابور قبل أن يشتد الزحام».

علاوة على هذا غالبا ما تمتلك الشـركات الكبرى رأس المال والخبرة اللازمين لإنتاج وإنجاز أفكار جديدة. مثال ذلك أنه بعد أن طورت شركة فيـرو تقنية لإنتاج أنواع جيدة من مسـاحيق الطـلاء أدرك علماؤها أن هذه التقنيات نفسـها يمكن استخدامها لإنتاج أنواع جديدة من المنتجات الصيدلانية. ونتيجة لذلك اشـترت الشـركة مؤسسـة صناعية صغيرة لصناعـة المسـتحضرات الدوائيـة وحققت نقلة كبرى فـي مجال عمل جديد. وقال بوب: «السـر الأهم هو أن تدعم بقـوة تكنولوجيتك بحيث تتابع حاجات السوق».

وحيـث إننا في عالم يعتمد كثيرا جدا على تطوير تكنولوجيات جديدة للنمو الاقتصادي، لذلك فإن قسـم اسـتراتيجية العمـل الذي عرضنا له سابقا يعمل كما يبدو لنا وفق الهدف المرسوم له: الحفاظ على خط أنابيب الإنتاج ملآنا. وطبيعي أنه هاهنا تقدم أخيرا البحوث الأساسية والتطبيقية العائد الذي يتوقعه أغلبية الناس من العلم.

مانعة الصواعق، تاريخ حالة

إحـدى المزايـا العظيمة لتأمل الأمثلة التاريخية هـي أننا نعرف، عند اسـترجاع الأمر، جميع الإجابات الصواب. وهذه ميزة لا يحظى بها ممثلو الدراما في الواقع العملي. لذلك فإنني ابتغاء توضيح خط أنابيب البحوث العظيم الذي يفيض من البحوث الأساسية إلى البحوث التطبيقية ثم منها إلى تطوير المنتجات، سـوف أتخذ مثالا من أقدم الأمثلة من حيث تشغيله والإفادة به. أعني هنا اسـتحداث وتطور مانعـة الصواعق. ويحظى هذا المثال بميزة إضافية هي أن جميع الخطوات الحاسـمة في عملية التطوير اتخذها الشخص نفسه، وهو بنيامين فرانكلين.

اعتاد فرانكلين، شأن كثيرين من أبناء عصره، التنقل في مناطق عديدة ومختلفة. واشـتهر بطبيعة الحـال نظرا إلى دوره في تأسـيس الولايات المتحـدة. ولكنه مثل صديقه الأصغر توماس جيفرسـون له بدايات كثيرة جدا ارتبطت باسـمه حتى أننا اليوم ونحن نعيـش في عصر أكثر تعقدا، لا يسـعنا إلا أن نبدي إعجابنا باتسـاع نطاق مسـاهماته. لقد أسس أول

مكتبة عامة على أســاس الاشتراك؛ وأول شركة للإطفاء، وأيضا الجمعية الفلســفية الأمريكية وهي أول جمعية علمية في العالم الجديد. حقق هذا كلــه بعد أن فرغ من بناء مشــروع أعمال ناجح لحياتــه العملية كصاحب مؤسســة طباعة. وكان مخترعا موهوبا وعمل بإصــلاح الأجهزة المنزلية، وأنتــج كلا من العدســات ثنائية البؤرة وموقد فرانكلــين علاوة على كثير جدا من الاختراعات الأقل شــهرة من بينها، ولك أن تصدق أو لا تصدق، زعانف السباحة.

وفي أواخر أربعينيات القرن أصبح فرانكلين رجل أعمال راســخ القدمــين، ولديه وقت فــراغ ليحول اهتمامه إلــى العلم. حدث هذا في الوقت الذي بدأ فيه تطبيــق المنهج العلمي على ظاهرة الكهرباء (واشــتهر المشــتغلون بهذا البحث باســم «الكهربائيين» على ســبيل الدعايــة). وأثار اهتمام فرانكلين بالموضوع اســتماعه لحديث قدمه محاضر بريطاني. وحدث أن أهدى البعض مكتبته بعضا من الأجهزة الكهربائيــة، ومن ثم بدأ في العمل على تحســينها. وكانت الوســيلة الوحيــدة وقتذاك لتوليد شــحنة كهربية هي حــك مادتين إحداهما بالأخرى، أساســا قطعة زجاج مع نوع من الجلد أو القماش. وأنشــأ فرانكلين جهازا فيه أسطوانة زجاجية ضخمة تدور وتحتك بقطع من نسيج صوفي. واســتطاع هذا الجهاز توليد شحنة ضخمة مصحوبة بشرارات كثيرة مثيرة عند تفريغها.

ويمكن ربط هذا بخبرة شــائعة. هل حدث أن مشيت فوق سجادة كثة ســميكة في يوم جاف، وحين لمست مقبض الباب أحسست بشرارة صغيرة تقفز من يدك إلى ناحية الباب؟ هذا تصوير مصغر لنوع الشــيء الذي رآه فرانكلين وغيره من «الكهربائيين» في أجهزتهم. أدرك فرانكلين أن الشرارة وما يصحبها من فرقعة مســموعة هي شــيء مماثل للبرق، حيث الشرارة تؤدي دور صاعقة البرق والفرقعة تناظر الرعد.

حتــى هــذه اللحظــة كان فرانكلين مشــغولا بالبحث الأساســي. ما خصائص التفريــغ الكهربي، وهل يرتبط بالبــرق؟ ونذكر تجربة الطائرة الورقيــة الشــهيرة عندما اعتاد هو وابنه قذف طائــرة ورقية للتحليق في

الهـواء في أثناء عاصفة رعدية، ولاحظا شـرارات تقفـز من مفتاح عند الطـرف النهائي لحبـل. وكانت هذه محاولة للتحقـق تجريبيا من تطابق البرق والكهرباء وأنهما شيء واحد.

ولكي نفهم ما حدث بعد ذلك علينا أن نعرف شـيئا عن أخطار البرق في المدن المتنامية في القرن الثامن عشر. إذ كانت صواعق البرق وقتذاك مصدر حرائق مدمرة، خصوصا في أمريكا حيث الأبنية أغلبها من الخشب. لم يكن مفهوما آنذاك سـبب البرق، وظن الناس أنها أفعال من إرادة الرب بكل ما تعنيه هذه الكلمة.

وأدى الجهل أو عدم المعرفة إلى نشـأة كل أنواع الأساطير، وكان لبعضها عواقب مهلكة. مثال ذلك أنه في العام 1767 قررت سـلطات فينيسـيا «أن من الفسق ادعاء أن الرب سيسمح للبرق بأن يصعق إحدى الكنائس»، ولذلك عمدوا إلى تخزين البـارود في قبة إحدى الكنائس. وحدث أن ضرب البرق برج الكنيسـة (وهو هدف مغرٍ من دون منازع) وأدى الانفجار الذي وقع إلى قتل آلاف البشر ومحا من فوق الأرض ضاحية بأكملها من ضواحي المدينة.

ونعرف أن الاعتقاد بأن الكنائس محصنة ضد البرق كان شـائعا على نطاق واسع حتى أنه ساد الظن في فرنسا أن أفضل وسيلة لتجنب صواعق البرق أن يصعد شخص إلى برج الكنيسة ويدق الأجراس. ونذكر للحقيقة أن بعض الأجراس منقوش عليها عبارة Fulgura Frango (أنا أبدد البرق). ولا حاجـة بنا إلى القول إن هذا الاعتقاد تسـبب في مصرع كثيرين ممن صعـدوا لـدق الأجراس. وكم هو عسـير أن نتخيل مكانا أسـوأ من برج الكنيسة حال صاعقة برقية.

اكتسـب فرانكلين حتى هذه اللحظة فهما واضحـا لطبيعة الكهرباء، وأصبـح واعيا بحاجة المجتمع الملحة للحماية من صواعق البرق. ونجد أن ما تلا هذا تقدم سـريع على طريق البحث التطبيقـي والتطوير من أجل إنتاج مانعة الصواعق.

أول سـؤال علينا أن نسـأله في هذا الموقف سؤال بسـيط: إذا كانت صاعقـة البرق حقيقة فيضا من شـحنة كهربائية، إذن كيف يمكن تجنبها وتحويلها بعيدا عن المباني؟ يسـتلزم هذا بعضا من البحوث لدراسة المواد

الملائمة لحمل تيارات كهربائية كبيرة. استقر رأي فرانكلين سريعا على مادة الحديد، فهي مادة رخيصة ومتوافرة بكثرة. وطبيعي أن اكتشاف هذه المادة مثال على البحث التطبيقي.

حدد فرانكلين الآن، عن يقين، المبدأ الأساسي لمانعة الصواعق: يمكن حرف اتجاه صاعقة البرق بحيث تتجه إلى الأرض عن طريق قطعة معدنية. ومن ثم فإن القضيب المعدني يوفر مسارا سهلا تمر عبره الشحنة الكهربية التي تكونت في السحابة الرعدية، وتصل إلى الأرض. واستقر على استخدام الحديد في جهازه. والسؤال الثاني (مرحلة التطوير) يتضمن الاهتداء إلى أفضل تنظيم يجعل الجهاز يعمل بنجاح. واستقر فرانكلين في النهاية على تصميم يشتمل على قطعة حادة من النحاس الأصفر يجري تركيبها عند رأس القضيب الحديدي. وإليك كلماته بنصها:

> **من نعم الرب على البشرية أن يكشف لهم سبل الأمان لمساكنهم وغير ذلك من المباني، حتى يؤمنهم من كوارث الرعد والبرق. والطريقة كما يلي: هات قضيبا حديديا صغيرا... طوله كذا، ويكون أحد طرفيه ثلاث أو أربع أقدام في أرض رطبة والطرف الآخر يمكن أن يكون ست أو ثماني أقدام فوق أعلى جزء في البناية. وثبت في الطرف العلوي من القضيب سلكا من النحاس الأصفر بحجم إبرة الحياكة العادية بعد شحذها ليكون لها رأس مسنن... البيت الذي يتم تجهيزه بهذا الجهاز لن يدمره البرق** [1].

ولم يكد فرانكلين يفرغ من اقتراحه حتى وجد أنه لم يبق أمامه سوى إنجاز بعض التطوير. مثال ذلك أن أثير في لندن سؤال عما إذا كان الأفضل استخدام سلك مسنن أم سلك غير حاد. (معروف لنا الآن أن السلك المسنن الحاد هو الأفضل). وأثيرت قضايا حول كم عدد القضبان اللازمة لحماية مبان ضخمة وأفضل الطرق لتنظيم وصف مانعات الصواعق فوق السفن وغير ذلك.

ولكن ما هو أهم من التطويرات التقنية طرق استجابة الأقطار المختلفة إزاء ابتكار فرانكلين الجديد. مثال ذلك أن بلدانا مثل إيطاليا تبنت الاختراع فورا، بينما بلدان أخرى مثل إنجلترا كانت استجابتها أبطأ، وبلدان ثالثة

مثل فرنسا قاومته. وأرى أن أسباب المقاومة شيء مثير للاهتمام، ذلك لأنني أراها صورة أخرى سابقة للاستجابات الحالية إزاء تكنولوجيات جديدة مثل الاستنساخ والهندسة الوراثية.

تركزت طائفة من الحجج على السؤال عما إذا كانت مانعات الصواعق تجعل الأمور حقا أسوأ منها لو كان الأمر غير ذلك. واقترح بعض العلماء الإنجليز كمثال أن القضيب يتسبب عمليا في أن صاعقة البرق تتشكل في مواقف ما كان لها أن تتشكل لو لم يكن القضيب موجودا. وصيغت في هذا الأسلوب نفسه بعض الحجج عن السلك المسنن بدلا من السلك غير المسنن (ويمكن القول إننا اليوم نجد في هذه الحجة قدرا من الصدق، بمعنى أن صاعقة البرق تتجه نحو القضيب، ولكن في حال عدم وجود القضيب فإنها ستضرب في مكان آخر).

وقدم بعض رجال فقه الإلهيات حجة أعمق تقول إن فرانكلين إذ يحرف اتجاه صاعقة البرق إنما يعترض عمليا على إرادة الرب. ويرون أن ابتكار فرانكلين أبعد من أن يكون نعمة من الرب إلى البشرية، بل هو كبيرة من الكبائر. ودأبوا على تقديم هذه الحجة مرات ومرات مع حركة تقدم العلم، مثال ذلك اعتراضهم بهذه الحجة نفسها على تقوية المناعة بالأمصال. وحيث إننا الآن نعيش في عصر يواجه العلماء فيه مثل هذا الاتهام وأنهم يحولون دون مشيئة الرب مع اطراد تطويرهم للتكنولوجيا الحيوية، فإننا لا نشعر بالقلق، إذ ندرك أن هذا رد فعل قديم ومحترم إزاء التغيرات التي تطرأ على أسلوبنا في التعامل مع العالم.

توجيه مسار خط الأنابيب

لا نكاد نفهم العملية التي يتم بها تحول الأفكار العلمية إلى منافع ملموسة حتى يكون من الطبيعي لنا أن نسأل عما إذا كان بالإمكان توجيه مسار خط الأنابيب لإنتاج منتجات مرغوب فيها. مثال ذلك كم مرة سمعت شخصا ما يقول: «آه لو كان في مقدورنا الصعود إلى القمر، لماذا لا نستطيع...؟» ويبين بعد ذلك أن الإجابة عن هذا السؤال رهن المرحلة التي يمر بها خط أنابيب البحوث أثناء حديثك.

ولكــن قبل دخولي في هذا النقاش أريد أن أعلن إنكارا تاريخيا. إن ما عرضتــه في صورة خط أنابيب بحــوث، أي الحركة المنتظمة من البحوث التطويريــة الأساســية ومنها إلى التطبيقية، هي صــورة مثالية. إنها مثل المنهج العلمي الذي ناقشــته في الفصل الأول، تعرض تبســيطا لما هو في الواقع العملي عملية مركبة. يحدث أحيانا أن تظهر أولا عملية استحداث وتطويــر التكنولوجيا لتتبعها بعد ذلك محاولة فهم أعمق. وخير مثال هنا القاطــرة البخارية، إذ تصور هذا الوضع المعكوس. بيد أن إحساســي أن الأرجح اليوم أن تندفع النتائج الجديدة من خلال قناة البحوث الأساســية أكثــر من أن تبدأ حركتهــا من التكنولوجيا، وبذا تســير وفق خط أنابيب البحوث الذي حددت مساره.

ويكون توجيه مســار جهود البحث يسيرا إلى حد كبير حين نكون عند الطرف النهائي لخط الأنابيب، حيث مشــروعات الأعمال التي نستخدم فيهــا نتائج البحوث الأساســية والتطبيقية لتطوير منتــج أو جهاز نافع. مثال ذلك إذا كان لديك ويدجيت widget (شــريحة شفرات محمولة)، مســتدير وتريد إنتاج آخر مربع، فإن الاحتمالات القائمة أنك تســتطيع إنجــاز ذلك إذا توافــر لديك القدر الــلازم من المــال والعمالة اللازمة. والمعروف أن ملايين المنتجات ابتــداء من الطائرات حتى أدوات التجميل يتم ابتكارها سنويا بهذه الطريقة تحديدا. أو لنقل بعبارة أخرى نحن عند هذا الطرف النهائي لخط الأنابيب يتهيأ لنا مســتوى رفيع من الســيطرة على ما نزمع إنتاجه.

وإذا ما تحركنا صاعدين إلى مجال البحوث التطبيقية، فســيصبح الموقــف أقل يقينا بقدر محدود. ولنــا أن نأخذ مثالا من برنامج أبوللو الذي وضع أول إنســان على القمر. نذكر أنه حين أعلن الرئيس كنيدي عن هــذا البرنامج كنا قد أنجزنــا كثيرا جدا من البحوث الأساســية اللازمــة لاســتكمال المهمة. ولكــن كان لايزال متبقيــا عدد ضخم من موضوعات البحث التطبيقي التي يلــزم الانتهاء منها ابتداء من تطوير مواد مقاومة للحرارة، وحتى الدرع الواقية لسفينة الفضاء حال عودتها ودخولهــا ثانية إلى الغلاف الجوي، ووصــولا إلى إنتاج مركزات أغذية

تكفـل غذاء جيدا لرواد الفضاء في أثناء الرحلة. وواضح أن كل واحدة مـن هذه في حاجة إلى برنامـج بحث تطبيقي خاص بها، وقد نجح كل منها في نهاية الأمر.

وجديـر بالذكـر أن إحدى النتائج غيـر المتوقعة لبرنامـج أبوللو هي ضخامة عدد المنتجات العرضية التي لم تكن في الحسبان وأمكن إنتاجها. وتوافرت بـين أيدينا جميع المنتجات اللازمة لبرنامـج الفضاء ابتداء من عصير البرتقال المركز أو البلاسـتيك اللازم للعجلات المستخدمة في جر أمتعتنا أو النصال ذات الأسـطوانات الدوارة. وكثيرا ما يسـتخدم أنصار العلم هـذا المثال للدلالة على العائد الذي يتحقـق بفضل البحوث، وذلك عند المحاجاة والدفع بضرورة زيادة التمويل اللازم للبحث العلمي.

ونلحـظ في الحقيقة أن هـذه الحجة تمثل عمليـا مصدرا لاختلاف الرأي بيني وبين جيف نيوماير. وكثيرا ما نتنازع الرأي عما إذا كانت أمثلة المنتجات العرضية جديرة بأن نسـتخدمها لتبرير تمويل البحوث. وتتمثل وجهة نظر جيف في أننا إذا أردنا إنتاج عصير برتقال مركز، فنحن لسـنا في حاجة إلى إنشـاء سفن فضاء. إذ نقنع بإنتاج وتطوير العصير. بيد أن حجتـي أننـا لا ندرك حقيقة أننا في حاجة إلى المنتـج إلا بعد أن ننتجه. مثال ذلك أنني أشـك فيما إذا كان برنامج التطوير للأمتعة اسـتلزم إنتاج المادة اللازمة لصناعة العجلات الأسـطوانية. وهذه واحدة من المشكلات التي يمكن أن تثار بين أصحاب التفكير المنطقي ويختلفون بشـأنها. وعلى أي حـال فإن القارئ أصبح علـى علم بوجهتي النظر في المحاجاة، وله أن يفكر هو ويحدد رأيه.

ولكن الـذي لا ريب فيه أننا حـين ننتقل من البحـوث التطبيقية إلى الأساسـية، فإن قدرتنا علـى التنبؤ والتحكم في المسـار والمصير اللذين سـتقودنا إليهما البحوث سـوف تنخفـض كثيرا. وواقع الحـال أن هذا الانخفاض مثير جدا حتى أنه كان باستطاعتي أن أستخدمه كخاصية من بين الخصائص المميزة للبحث الأساسي. وأذكر مثالا آخر للانهيار المفاجئ لبرنامـج حكومـي يوضح لنا هذه الفكرة، وأقصـد به الحرب ضد مرض السرطان. وإذا كان برنامج أبوللو يوضح كيف أن التدفق الكثيف للمال كان

عامل نجاح لإنجاز برنامج البحث التطبيقي، فإن مثال الحرب ضد مرض السرطان (الذي استهله الرئيس نيكسون 1971) يوضح كيف أنه من غير السليم ولا الملائم أن نحاول عمل الشيء نفسه في البحث الأساسي.

ويستخدم مصطلح «السرطان» لتصنيف مجموعة من الأمراض تتصل بخاصية النمو غير المحكوم للخلايا. ونحن لكي نفهم هذا المرض ونسيطر عليـه يلزم أن نفهم قـدرا كبيرا غير متاح الآن من المعارف عن كيفية عمل الخلايا، وقدرا أكثر يقينا مما كنا نعرف العام 1971. واستهدف البرنامج من وجهة النظر السياسـية استئصال شـأفة المرض. وشاركت آنذاك في البحـوث التجريبية على السـرطان، ولم يكن هناك مـن بين العلماء، كما عرفت، من يؤمن بإمكانية تحقيق هذا الهدف. إننا ببسـاطة لم تكن لدينا معرفة كافية عن نظام وطريقة عمل الخلايا. على أي حال كانت هذه هي الحال قبل ربع قرن من بدء مشروع الجينوم البشري.

وطبيعي أن الحرب ضد مرض السرطان لم تحقق أي نتائج مهمة على نحو ما شـاهدنا فـي برنامج أبوللو، وذلك لأن إنجـاز هذه الأهداف كان يسـتلزم تحقيق تقدم كبير ومهم في المعارف الأساسية. وليس معنى هذا أن المشـروع أخفق، إذ إننا خلال هذه السنوات اكتسبنا مزيدا من المعرفة، وإني أرى أن مجال علاج السـرطان يقف الآن على شفا إنجاز مهم ومثير خـلال العقد المقبل. ولكن الحرب توضح مدى الصعوبة التي تنطوي عليها محاولتنا لتوجيه مسار تدفق البحوث الأساسية.

ونلحـظ أن الدوائـر الأكاديمية تعرض أحيانا هذه القسـمة المميزة للبحوث الأساسـية كنـوع من النقد المبالغ فيه للمجتمـع العلمي. إذ من المفترض أننا، بشكل ما، ندرك أن بحثنا العلمي سيفضي إلى غاية شريرة (هي عادة تطوير الأسـلحة)، ومن ثم علينا أن ننأى بأنفسـنا عن ذلك. وإنـي أواجه عديدا مـن الصعوبات إزاء هذا النوع مـن الحجج. أولا لا يسـعني أن أرى خطأ في عملية تحسين الدفاع الوطني عن طريق العمل في مجال الأسـلحة. وأذكـر للحقيقة أنه خلال فتـرة عملي عملت في عـدد من مجالات البحث المحظـورة على غير العاملـين فيها. ولكن ما هـو أهـم، حتى إن رأيت أن تطوير الأسـلحة خطأ، أن ليس من سـبيل

للتنبؤ قبل أن يصبح العمل حقيقة واقعة، كيف سـيتطور جزء من البحث الأساسي خلال حركته عبر خط الإنتاج وصولا إلى مرحلة المنتج النهائي. واسـتجابة لأخلاقيات زملائي الأكاديميين المتشددة سيكون لزاما علينا التوقف عن إجراء البحوث تماما، وهو ما يعني التخلي عن كل خير يمكن أن يترتـب عليها. وأقول ما قالـه صديقي جوليان نوبـل عالم الفيزياء النووية بجامعة فرجينيا: «ليس الانسحاب حلا لمشكلة البحوث بأكثر من كونه حلا لمشكلة السكان».

صفـوة القول أن النواتج المحتملة للبحث تصبح معروفة لنا أكثر فأكثر مع حركتنا عبر خط الأنابيب من البحوث الأساسـية إلى التطوير. ونحن لكي نضمن أن خط الأنابيب مسـتمر في تقديم الناتج اللازم لدفع حركة المجتمـع، نكون بحاجة إلى الحفاظ على جميع أجزائه سـليمة. وأذكر أنه حين يسألني البعض لماذا يتعين على الجمهور دعم بعض البحوث الأساسية التـي تبدو غير واضحة الهدف، فإنني دائما أسـتخدم في الإجابة صورة سباق الخيل للمناظرة. البحوث الأساسية مثلها مثل حصان حقق لنا كسبا هائلا كلما راهنـا عليه في الماضي. وعلى الرغم من أن هذا لا يضمن لنا أنه سـيفعل ذلك في المسـتقبل، فإن المراهن سيكون أحمق لو راهن ضده في الجولة التالية.



8

النضال التاريخي من أجل تعليم العلم

عندما تستغرقنا مشكلة معاصرة تحدونا دائما غواية الظن أننا نحن ورفاقنا أول من صادف مثل هذه المشكلة. وتقديري في الواقع أنه لا توجد مشكلة تقريبا، خصوصا مشكلة تتعلق بالتعليم، لم تطل برأسها في وقت ما من الزمان الماضي، ولم يتلمس لها الباحثون أو المعلمون حلا بصورة أو بأخرى. وهذا صحيح يقينا بالنسبة إلى المشكلات ذات الصلة بتعليم العلم. أود في هذا الفصل أن أتحدث عن أسلوب الباحثين والمعلمين في الماضي عند التفكير في هذه القضية، وذلك لسبب بسيط، وهو أن كثيرا من الأفكار الجديدة في مجال تعليم العلم

«إن فكرة أن هناك قذيفة سحرية اسمها المنهج العلمي من شأنها، على نحو إعجازي، أن تحوّل كل طالب إلى إنسان منطقي يأخذ بالأسباب العقلانية لم تكن يقينا وليدة الخبرة»

المؤلف

لهــا عمليا تاريخ طويــل، وطبيعي أن معرفتنا بتاريــخ هذه الأفكار من شــأنها في الأغلب الأعم أن تهيئ لنا منظورا يفيدنا كثيرا في التعامل معها اليوم.

إنجلترا في القرن الـ 19

حيثما يفشــل النظام التعليمي في توصيل معارف عن العلم يشعر الناس بأنهم في حاجة إليها فإنه ســرعان ما تظهر مناهج بديلة لتوصيل المعرفة. ويتألــف هذا النظام المــوازي في أمريــكا المعاصرة مــن الكتب والمجلات والصحــف وأجهــزة الإعلام والمتاحــف. وأعتقد أن هذا النظــام آخذ في الازدهار اليوم بســبب ســوء تصميم مقررات العلم الدراسية. ولقي النظام التعليمي في إنجلترا في القرن التاســع عشــر فشــلا من نوع آخر. إذ كان قليلون هم القادرين علــى الالتحاق بالمدارس في تلك الأيام، فضلا على أن من التحقوا بالتعليم لم يحصِّلوا قدرا كافيا في ما يتعلق بالعلم. ولكن أيا كان سبب الفشل فقد كانت النتيجة واحدة في الماضي مثلما هي الآن. ونعرف أن اكتشــافات العلماء فتحت آفاقا فكرية جديدة وشاسعة وأراد الناس معرفة شــيء عنها. وجدير بالذكر أن النمط الرئيسي لتوصيل المعارف الذي ظهر في إنجلترا في القرن التاســع عشر تمثل في المحاضرات العامة. وبرز أكثر العلماء المشهورين في إنجلترا خلال العصر الفيكتوري كمحاضرين. واشتهر خصوصا في هذا المجال رائد الفيزياء في هذا العصر مايكل فاراداي، وهو العصامي الذي علَّم نفسه بنفسه (عرضنا في الفصل السابع خطوطا عامة عن تاريخ حياته). واســتهل ما يســمى محاضرات الكريســماس في المعهد الملكــي، وهي المحاضرات التي لايزال المعهــد يقدمها إلى جمهوره كل عام. وعمد إلــى تقديم محاضرات في المصانع. وثمــة قصص عن آلاف العمال الذين كانوا يتدفقون على الفناء ليســتمعوا إليه. وأرى أن أفضل مثال على عبقرية فاراداي بوصفــه محاضرا يتمثل في خطاب ألقاه في الهواء الطلق خلال يوم اشــتدت فيه برودة الطقس حتى درجة التجمد، فأمسك بكتلتين من الثلج وحك إحداهما بالأخرى حتى ذابتا ليبرهن على أن الحرارة شــكل من أشكال الطاقة، وليست خاصية ذاتية أصيلة في المادة.

وتمثلت المشكلة الرئيسية التي واجهت العلماء في النظام التعليمي الرسمي في القبضة القاتلة التي يسيطر بها الباحثون الكلاسيكيون على مناهج التعليم. وقد هاجم هربرت سبنسر هذا الموقف في مقال له في العام 1855 بعنوان «ما هي المعارف الأقيم؟»، والذي قال فيه:

> **بينما نؤمن بأن ما نسميها الحضارة ما كان لها أبدا أن تظهر إلى الوجود لو لم يكن العلم عمادها، فإن العلم لا يكاد يمثل أي عنصر ذي قيمة فيما نسميه التدرب المهني الحضاري [1].**

لقد كان مقال سبنسر عمليا مبالغا قليلا في الهدف الذي يتعلق بهذه المسألة. إذ يبدو أنه يناصر نظاما تعليميا ينبني فقط على العلم بدلا من تبني النظرة الأكثر معقولية (التي يمكن الدفاع عنها) وترى أن ما ينبغي هو دمج العلم في النظام التعليمي مع الدراسات الأخرى. وربما كانت هذه الرؤية الطاغية هي السبب في أن «تسعة أعشار» أبناء بلده رأوا اقتراحاته، وبنص كلماته، اقتراحات «شديدة الغرابة».

وبعد ربع قرن ردد توماس هكسلي أفكار سبنسر في محاضرة تحت عنوان «العلم والثقافة»، حيث قال:

> **لا المبحث العلمي ولا المادة الدراسية في التعليم الكلاسيكي لها قيمة مباشرة للطالب الذي يدرس علم الفيزياء بحيث نقول إن الأمر يبرر تبديد وقت ثمين... وتوخيا لاكتساب ثقافة حقيقية نرى أن التعليم العلمي حصرا لا يقل فعالية عن التعليم الأدبي حصرا [2].**

وأعود لأقول أظن أن من الأفضل تفسير هذه العبارات على أنها محاولة لدفع النظام التعليمي البريطاني بعيدا عن انحصار اهتمامه فقط في الدراسات الكلاسيكية، وأن يوجه قدرا أكبر من التحرك في اتجاه نموذج الجامعات البحثية التي أخذت تتطور في ألمانيا آنذاك. وكم كنت سعيد الحظ إذ درست في أكسفورد كباحث حاصل على منحة مارشال منذ عدة سنوات مضت، ولذلك لديَّ ذكريات عن الموقف الإنجليزي المتعثر تجاه الدراسات الكلاسيكية بالمعهد. ذهبت إلى هناك وأنا لاأزال شابا تغمرني الدهشة، وسليل حي عمالي في شيكاغو؛ ودفعوا بي إلى كلية ميرتون التي أسست في العام 1972. ولاأزال أذكر عميد الكلية (الذي يصف نفسه بأنه آخر الفلاسفة

الهيغليين الأحياء) وهو يقول لي إنني سعيد الحظ إذ قررت الكلية إعفائي من شرط يوجب على طلاب القسم العلمي الوافدين إثبات إجادتهم التامة للغة اللاتينية (لست على يقين حتى يومنا هذا مما إذا كان سعيدا بالتغيير الذي حدث أنه كان آسفا لانهيار المعايير عما كانت عليه في الأيام السعيدة في الزمن القديم). وشرح لي أيضا بجدية تامة أن الإمبراطورية البريطانية بناها رجال اختاروا لحياتهم مهنة كتابة الشعر اليوناني الكلاسيكي، ثم أُرسلوا لإدارة تشغيل منظومة السكك الحديد في كالكوتا. معنى هذا أن موقفه يؤكد أنه ليس المهم أن تتعلم الأفضل والأروع. إذ إن ذكاءهم الفطري سيجعلهم متميزين عن سواهم حيثما ذهبوا.

ماذا عساي أن أقول؟ بدا أن النظام التعليمي نجح تماما في القرن التاسع عشر. وطبيعي أن المشكلة هي أن قصر الاهتمام على طلاب القمة فقط، من يحتلون أعلى قمة في السلم الأكاديمي، لن ينتج لنا الجيش الضخم من التقنيين المدربين اللازمين لإدارة وبناء المجتمع الحديث. وطبيعي بالتالي أنه لن ينتج، يقينا، مواطنين على حظ من المعرفة العلمية. ولهذا فإن التغيرات التي شهدتها إنجلترا الحديثة والتي حدثت في الجامعات القديمة، وبناء جامعات جديدة (المعروفة باسم المعاهد الحمراء أو المبنية بالآجر الأحمر) إنما تمت أساسا لعلاج هذه المشكلات.

الخبرة الأمريكية

تعليم العلم في أمريكا له تاريخ مختلف إلى حد ما. نظر الأمريكيون ابتداء من جيفرسون وفرانكلين فصاعدا إلى العلم على نحو ما يتلاءم مع بلد جديد لايزال يعاني مخاض النمو والتطور، ومن ثم اعتبروا العلم أداة لتحقيق نتائج عملية، ووسيلة للحصول على ما سميته في الفصل السابع «هدف مشروعات الأعمال» من خط أنابيب البحوث. وسجل إلكسيس دو توكفيل تعليقه على هذا بقوله:

> نلحظ في أمريكا أن الجزء العملي الخالص للعلم مفهوم على نحو يثير الإعجاب... ولكن لانكاد نرى أحدا .... نذر نفسه للجزء النظري والمجرد من المعرفة البشرية [3].

وهذا الميل تجاه ما هو عملي انعكس بوضوح في النظام التعليمي الأمريكي. وأول مدرسة تخصصت بشكل كامل لدراسة العلم والتكنولوجيا هي معهد «رينسلاير بولي تكنيك» في تروي، نيويورك. وحظي هذا المعهد آنذاك، مثلما يحظى الآن، بشهرة يستحقها في مجال الهندسة والعلوم التطبيقية.

ولم تكن لدى أمريكا في الحقيقة جامعة بحثية على المستوى الأوروبي إلا حين أُسست جامعة جون هوبكنز في بالتيمور في العام 1876، والتي تخصصت بوضوح في ما سميناه البحوث الأساسية. وحدد أول رئيس لها (دانييل كويت غيلمان) أهداف الجامعة خلال حفل الافتتاح حين قال:

> **ما الهدف الذي نصبو إليه؟ تشجيع البحث... وتقدم الباحثين الأفراد القادرين بفضل تميزهم على الارتقاء بالعلوم التي يعكفون عليها، وبالمجتمع الذي يتوطنون فيه [4].**

وفي حديث تال، حدد غيلمان ما أصبح فيما بعد الحكمة المسلم بها - أو ترتيلة الصلاة إن شئت - للجامعة البحثية في كل ما يخص التعليم، إذ قال:

> **أفضل المعلمين هم المعلمون الأحرار، المؤهلون، ذوو الإرادة لإنجاز بحوث أصيلة داخل المكتبة وداخل المعمل. إن أفضل الباحثين هم عادة من يتحملون مسؤولية التعليم، وبذلك يفوزون بعوامل الحفز من رفاقهم، والتشجيع من تلامذتهم، فضلا عن مراقبة الجمهور [5].**

ولعل من المصادفات الغريبة في توافق الأحداث التاريخية أن جاء تأسيس جامعة جون هوبكنز في العام 1876، وهو العام نفسه الذي بدأ فيه أول عالم فيزياء أمريكي عظيم، وهو جيه. ويلارد غيبس من جامعة ييل، في نشر مؤلفه. وهو العمل الذي حالت النزعة العملية الأمريكية في العلم دون تقييم رفاقه له حتى بعد وفاته. لقد كان غيبس شخصية مثيرة للاهتمام. طويل القامة، أرستقراطي السلوك (كان أبوه أستاذا جامعيا أيضا)، أعزب طوال حياته (عاش مع أختيه)، معروف عنه أنه معلم عطوف، وإن كان أكثر ميلا إلى النظر المجرد. ووفق ما حكى لي أستاذي العجوز المتخصص في الديناميكا الحرارية، أن التقليد الشائع عنه أنه حكى دعابة واحدة في كل عمره. فبينما كان هو وأخته يقيمان حفل عشاء لضيوفهما وشرعت أخته في تقليب السلطة، أخذ منها الملاقط وقال لها على مسمع من ضيوفه: «دعي لي يا عزيزتي هذه المهمة، أنا في نهاية الأمر الخبير في شؤون التوازن غير المتجانس بين المواد».

وعلــى أي حال، بمجرد أن بدأ العلم يتخذ لنفســه نقطــة ارتكاز في النظــام التعليمي الأمريكي، فإنه لم يواجــه مقاومة من النوع الذي انتقده هكســلي وزملاؤه في إنجلترا. حفز رجال جامعة هوبكنز الجهود من أجل إعادة بنــاء الطب الأمريكي، وكان هذا مجرد مثال واحد لســرعة تطبيق العلــم على العالم خارج الجامعة. وحقق هذا الإنجاز الباحثون الأمريكيون البرغماتيون اقتداء بتطبيق نظام الجامعة البحثية.

جون ديوي وعادة العقل العلمية

ولكن مناط اهتمامنا هنا هو طريقة إضافة العلم إلى كثير من المستويات المختلفة للمقررات الدراسية أكثر من اهتمامنا بتقدم العلم عامة. وأحسب أننــا لن نفاجأ إذا عرفنــا أن أول تبرير نظري لتضمين العلم في المقررات الدراسية جاء بقلم جون ديوي، وهو الرجل الذي ترك أثرا عميقا في جميع أوجه التعليم الأمريكي.

صاغ ديوي في مطلع القرن العشرين الأساس المنطقي العقلاني للتعليم العلمي العام الذي لايزال صداه يتردد في المؤسســة التعليمية حتى اليوم. ســاق الحجج مؤكدا ضرورة تضمين العلم في مقررات المدرســة الثانوية، وأكد ضرورة أن نجعل من بين أهداف التعليم بناء ما يمكن أن نسميه «عادة العقل العلمية». وكان همه الأساســي وقتذاك مقررات المدرســة الثانوية؛ ولكن حري بنا أن نتذكر أن النسبة المئوية من الأمريكيين الملتحقين بالمدارس الثانوية وقتذاك كانت منخفضة كثيرا. مثال ذلك أنه في العام 1910 كانت النســبة المئوية من الأمريكيين الحاصلين على شهادة المدرسة الثانوية دون 10 في المائة، وهي نسبة صادمة لتدنيها وفق المعايير الحديثة. ولم تتجاوز هذه النســبة فــي الحقيقة 50 في المائة إلا بداية مــن العام 1940. ومن ثم حــري بنا ونحن ننصت لجــون ديوي وهو يناقش المقررات الدراســية للمدرسة الثانوية أن نتذكر أنه كان يتحدث عن مجموعة من الطلاب أبناء الصفوة، أو ربما مــن يعادلون اليوم طلاب جامعات النخبة المتميزة. ولكن التعليم العام للمدرسة الثانوية، حيث التعليم للكافة وليس للقلة المحظوظة من الطلاب، كان شغله الشاغل بشأن المستقبل حين يكتب.

ونلحظ أن حجج ديوي بشأن تعليم العلم في المدرسة الثانوية تماثل ما سميته «برهان من حياة المواطنين» في الفصل الثالث.

> **تؤسس الحضارة المعاصرة - إلى حد كبير جدا - على العلم التطبيقي الذي لن يتسنى لأحد أن يفهمه حقيقة ما لم يكن فاهما لبعض المنهج العلمي... ومن ناحية أخرى فإن التفكير في الموارد والإنجازات العلمية من زاوية تطبيقها بغية السيطرة على الصناعة والنقل والاتصالات ليس من شأنه فقط زيادة الكفاءة الاجتماعية للمتعلمين مستقبلا، بل أيضا مضاعفة اهتمام المرء صاحب الشأن من دوره الحيوي المباشر (6).**

وأكد أيضا أن تعلم العلم أمر قيِّم في ذاته ولذاته بسبب اقترانه بالنمو العقلي:

> **إن تكوين العادات العلمية للعقل سيكون الهدف الأول لمعلم العلم في المدرسة الثانوية (7).**

ويبدو أن هذه الحجة خلال عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين هي دون حجة ديوي الأصلية عن المنفعة الاجتماعية التي استحوذت على اهتمام فلاسفة التربية. وهذه هي الحجة ذاتها التي حفزت - إلى حد كبير - على تضمين العلم في المقررات الدراسية. وأرى لزاما أن أقول إنني حين أطالع هذه الكتب بعد مرور عدة أجيال أجدني مذهولا لما يتصف به الكتاب من مثالية وسذاجة. إن فكرة أن هناك قذيفة سحرية اسمها المنهج العلمي من شأنها، على نحو إعجازي، أن تحوّل كل طالب إلى إنسان منطقي يأخذ بالأسباب العقلانية لم تكن يقينا وليدة الخبرة. وطبيعي أن هذا لم يحُل دون أن يتفجر بين الحين والآخر في حوارنا الحديث، وهذه نقطة سوف أعود إليها بعد ذلك بقدر من التفصيل.

ونستطيع أن ندرك ما كان المعلمون يتصورونه في الثلاثينيات عن مهمتهم إذا ما تأملنا عبارة تحدد معنى الطالب الناجح قالها المدرس بجامعة وسكونسن آي. سي. دافيز:

> **لنا أن نقول إن المرء صاحب الموقف العلمي هو: من (1) يكشف عن إرادة لتغيير رأيه على أساس بينة جديدة؛ (2) يعمد إلى البحث عن الحقيقة في كل صورها من دون أي انحياز؛ (3) يدرك العلاقة بين مفهوم العلة والمعلول؛ (4) سوف تتكون لديه عادة تأسيس حجته على الواقع؛ (5) لديه القدرة على التمييز بين الواقع والنظرية (8).**

يا للهول، أحسب أننا جميعا سـوف تغمرنا السعادة إذا ما اكتسب طلابنا ولو جزءا من تلك الخصائص التي حدثنا عنها دافيز، فضلا عنها كلها. وأعود لأقول أوضحت الخبرة أن مثل هذه الأهداف غير الواقعية للتعليم لن يتسـنى الوفاء بها. وليس معنى هذا أن ليس لنا أن نضعها أمامنا في الصدارة بوصفها مثلا عليا قيمة. بل المعنى المقصود أننا عند نقطة ما نكون بحاجة إلى أن نبعد بتفكيرنا عن التهويم فوق السـحاب، وأن نسـأل أنفسنا: ما الذي يمكن لنا أن نتوقعه بصورة واقعية من طلابنا الجالسين فعلا في قاعات الدرس أمامنا؟

اشـترك الموجودون في «مدرسـة وسكونسـن» معا في وضـع عدد من الاختبارات عن «الموقف العلمي» في ثلاثينيات القرن العشرين، ولكن يبدو أن النتائج لم تكـن متوافقة مع قدرات الطلاب في مجال العلم أو مع تحصيلهم المدرسـي عامة. وهكذا فإنه مع بداية انـدلاع الحرب العالمية الثانية نجد أن أول دفعـة كبرى لتعرف الأمريكيين على العلم من خلال المقررات الدراسـية وصلت إلى نهاية محبطة ومخيبة للآمال إلى حد ما. ونجد أن الإنجاز الوحيد العظيم لهذه الحركة. والذي ينبغي ألا نغض من قدره وقيمته. هو أن العلم منذ تلك الفترة فصاعدا أصبح وثيق الارتباط بالنظام الأمريكي للتعليم العام.

سبوتنيك وأثره في التعليم في أمريكا

إن نسـيت فلن أنسى مدخلي إلى عصر الفضاء في العام 1951. كنت لاأزال طالبا بجامعة إلينوي، وكنت عائدا إلى البيت سيرا على الأقدام عبر ملعب رياضي بعد غروب شمس يوم من أيام الخريف. تطلعت ببصري إلى السـماء ورأيت بقعة ضوء ساطعة في السـماء تتحرك بسرعة أكبر كثيرا من سرعة الطائرة. أدركت أنني أرى سبوتنيك، أول تابع اصطناعي، والذي أطلقه الاتحاد السوفييتي قبل بضعة أيام.

وكم هو عسـير أن نبالغ في أثر هـذا الجرم الذي يزن 183 رطلا ويدور في مدار قريب من الأرض في النظام التعليمي الأمريكي. لقد كانت الأيام التالية مباشـرة للحرب العالمية الثانية أياما مجيدة للثقـة العلمية الأمريكية. ارتأى بعض الكتّـاب وصف النزاع بأنه حرب «الفيزيائيـين». وحقق علماء الحلفاء نجاحا في تطوير مسـتحدثات مثل الرادار والصمـام التقاربي [الذي يفجر

المقذوف عند اقترابه من الهدف. المترجم|، proximity fuse، علاوة، بطبيعة الحال، على القنبلة الذرية. وأكد هذا للجميع الهيمنة الواضحة للغرب في عالم العلم. وعاد من الحرب جيل من العلماء لديه طموح إلى دفع أمريكا إلى مستقبل باهر، ويتيه خيلاء، ويكتب أبناؤه، كما قال أحد المراقبين، بطرف أقلامهم في زهو وكبرياء. وتملكني دائما طوال سنوات دراستي بالجامعة شعور بالدهشة من عدد من أساتذتي. الذين يتحلون بدماثة الخلق ورقة الطباع. الذين أدوا أدوارا حاسمة في مجال البحوث العلمية زمن الحرب.

ومثالي المفضل عن هالة التقدير الكبير التي أحاطت بالعلماء في أثناء وبعد الحرب العالمية الثانية أستمده من السيرة الذاتية للعلامة لويس ألفاريز الحاصل على جائزة نوبل في العام 1968، وكانت تتويجا لحياة علمية متميزة في مجال الفيزياء التجريبية. عمل في أثناء الحرب في معمل الإشعاع في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وهو أحد مراكز البحوث في زمن الحرب. وعكف هناك على تطوير الصمام التقاربي. ومن المعروف أنه حتى ذلك الوقت كان المجندون المعنيون بإطلاق المدافع المضادة للطائرات يعتمدون على أنفسهم في تقدير ارتفاع الطائرة المغيرة، ثم يشعلون فتيل القذيفة لتنطلق بعد لحظة إلى مكان ما قرب الطائرة، والأمر متروك للحظ في جميع الأحوال. وغني عن البيان أن هذه التقنية لم تكن لتحقق إصابات كثيرة. ولكن الصمام التقاربي هو أساسا رادار صغير يجري تركيبه عند رأس القذيفة ويشعل المادة المتفجرة عند اقتراب القذيفة من الطائرة. وذهبت بعثة للاختبار في خليج شيزابيك، واتضح أن القذائف المزودة بالصمام الجديد الذي اخترعه العالم أسقطت كثيرا من الطائرات من دون طيار الواحدة تلو الأخرى ما أذهل العاملين على المدافع من رجال البحرية. ونظرا إلى دواعي الأمن خرجت السفينة فورا إلى عرض البحر، بينما انطلق مركب يحمل العلماء عائدين إلى الشاطئ، وهبط قائد البحرية من سفينته ليطمئن على أن من هم في رعايته ومسؤوليته قد عادوا بسلام. وصافحهم واحدا واحدا، ثم اتجه إلى الضابط المسؤول عن المركب وقال: «السيد الملازم تأكد من أن هؤلاء الرجال يرتدون سترات النجاة الخاصة بهم».

وكانت هذه علامة على توقير وتقدير لازما ألفاريز طوال حياته.

ولكن في العام 1957، وبفضل انطلاقة ناجحة لقمر اصطناعي سوفييتي، تبددت كل تلك الثقة وكل مشاعر الرضا عن الذات. كنا نسمع كل ساعة ونصف الساعة صوت «بيب. بيب. بيب» من سبوتنيك فوق رؤوسنا، فيذكرنا بأن عدونا في الحرب الباردة قد هزمنا في الفضاء. وتتمثل ذكرياتي عن هذه الفترة في صورة حالة الهلع العام والحيرة الشاملة، وهي مشاعر مماثلة لما حدث بعد أحداث الحادي عشر من سبتمبر وإن كانت بصورة أكثر صمتا. وعبر بصدق عن الحالة المزاجية الأمريكية سيناتور ألاباما ليستر هيل في شهادته في العام 1958 أمام لجنة العمل والرفاه العام بمجلس الشيوخ حين قال:

> **الاتحاد السوفييتي الذي كان منذ أربعين عاما فقط أمة فلاحين، ها هو اليوم يتحدى بلدنا أمريكا في... العلم والتكنولوجيا... إن الطريق الذي نختار الالتزام به سوف يحدد ليس فقط مستقبل الحضارة الغربية، بل وأيضا مستقبل الحرية والسلم لجميع شعوب الأرض**[9].

وتساءل الأمريكيون في دهشة في كل مكان: كيف حدث هذا. كيف لنا، وفور إنجازاتنا العظيمة، أن نجد أنفسنا في مثل هذا الموقف بادي اليأس والإحباط؟

وحدث بعد ذلك رد فعل أمريكا النمطي (هل هو رد فعل مبالغ فيه؟) إزاء أي موقف يمثل تهديدا وخطرا. فجأة أصابتها حمى الاهتمام بتعليم العلم. هل هناك بلدان تُخرِّج علماء ومهندسين أكثر منا؟ سوف نعمل على تخريج أعداد أكثر مما يحلمون هم. هل السوفييت يشغلون الفضاء؟ سوف نهزمهم بالوصول إلى القمر. وتدفقت الأموال إلى المؤسسات العلمية.

وتحققت النتائج المرجوة. صدر قانون التعليم والأمن القومي في العام 1958. وأدى القانون إلى ضخ مليارات الدولارات من أجل تدريب جيل جديد من العلماء والمهندسين. وانتهى الأمر بأن مجموع الأموال التي أُنفقت على التعليم والأمن القومي زادت وتجاوزت ما تم إنفاقه على مشروع مانهاتن في البداية. أما عن نفسي فقد استطعت أن أستخدم بعض الأموال المخصصة لقانون التعليم والأمن القومي لدعم طلاب الدراسات العليا قبل إنهاء المشروع بعد ذلك بعقود.

ويمثل عمل لجنة دراسة علم الفيزياء رمزا لانتفاضة الاهتمام المفاجئة بتعليم العلم. وتتألف اللجنة من علماء معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (الفيزيائيون أساسا) وأرباب الصناعة. وقد التأم شمل اللجنة في الواقع

قبل عام من إطلاق سبوتنيك. ولكن السُّعار المفاجئ على أثر سبوتنيك كان قوة حافزة لها ونتج عنها «فيزياء لجنة دراسة علم الفيزياء»، وهو مقرر دراسي معد إعدادا جيدا إلى أقصى حد (وإن كان متقدما) لتدريس الفيزياء بالمدارس الثانوية. وسرعان ما أصبح هذا المنهج مطبقا في كل المدارس في مختلف أنحاء البلد. ولاأزال في الحقيقة ألتقي من وقت إلى آخر بطالب ما درس هذا المقرر في الفيزياء في مرحلة من الدراسة.

إن ما أذهلني أكثر فيما يتعلق بلجنة دراسة علم الفيزياء وقتما قضيت عاما بعد حصولي على درجة الدكتوراه في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في أواخر ستينيات القرن العشرين هو أن كثيرين من كبار الفيزيائيين كانوا آنذاك لايزالون مرتبطين باللجنة من أمثال جيرولد زاخاريا الذي نعتبره في العادة أحد مؤسسيها. وطبيعي أن مشاركتهم تجعل الفيزيائيين الأقل مستوى يستسيغون الاهتمام بالموضوعات التعليمية. ووصل الأمر إلى حد أن أصبح التعليم بين الحين والحين موضوعا مختارا للمناقشة في أثناء تناول طعام الغداء اليومي للفريق المعني بالنظرية، وهو الشيء الذي لا نكاد نسمعه اليوم.

وركزت لجنة دراسة علم الفيزياء جهودها على مدى الستينيات من القرن العشرين على تدريب المعلم وإدارة حلقات دراسة صيفية مكثفة لمعلمي المدارس الثانوية في كل أنحاء البلاد، ووضعت مواد دراسية لقاعات الدرس. ومع هذا لم تحقق في النهاية المراد. ولا أظن أنها استطاعت أن تحقق أكثر من 10 في المائة من جملة كتب فيزياء المدارس الثانوية المعروضة في السوق. إن إحساسي الخاص هو أن مستواها الفكري كان مرتفعا جدا بالنسبة إلى الأغلبية العظمى من الطلاب والمعلمين، وهذه نقطة سأعود إليها في فصل تال.

وعلى أي حال فإن المليارات التي أنفقها الرئيس أيزنهاور والرؤساء الذين خلفوه على تعليم العلم حققت عائدها. أقبل الطلاب أفواجا على مجالات علم جديدة، كما أن العلماء الذين تدربوا على البحوث الأساسية تدفقوا إلى خط أنابيب البحوث. وعاد العلم الأمريكي ليؤكد من جديد هيمنته على العالم، وذلك بحلول نهاية الستينيات، حيث وطئ الأمريكيون بأقدامهم سطح القمر، ووضعوا بصماتهم عليه مع امتداد مسلسل لا نهاية له من جوائز نوبل. وتوافد الطلاب من جميع أنحاء العالم إلى الجامعات الأمريكية للالتحاق بالدراسات العليا، مثلما ذهب الأمريكيون قبل بضعة عقود إلى أوروبا.

وبعد أن فرغت من كل ما سبق، ومع كل الاحترام والتقدير للتوسع الضخم الذي حققه مشروع البحث الأمريكي الذي أعقب انطلاق سبوتنيك لايزال هناك سؤال مهم علينا أن نسأله هو: ماذا عن الـ 98 في المائة الأخرى؟ أو بعبارة أخرى، ماذا عن الطلاب الذين لن يشتغلوا بالعلم والتكنولوجيا؟ بناء على هذا التصنيف يمكن القول على أحسن الفروض إن أثر انتعاش العلم بعد انطلاق سبوتنيك يبدو ملتبسا. إنه من ناحية أفاد في إثارة الاهتمام بتعليم العلم وأدخل بعض كبار العلماء في المجال نفسه كما عرضنا آنفا. ومن ناحية أخرى نجد أنه طوال هذه الفترة، وكما قال عالم الفيزياء بجامعة نيويورك موريس شاموس في كتابه «أسطورة محو الأمية العلمية»:

> **الوظيفة الأولى للتعليم الرسمي للعلم، سواء قبل الكلية أو أثناءها، هي ضمان الإمداد المطرد للعلماء وللمهن ذات الصلة بالعلم** [10].

وكان هذا يقينا هو هدف لجنة دراسة علم الفيزياء، على الرغم من أنهم ضمنوا نخبتهم المستهدفة أنواعا من غير المشتغلين بالعلم ممن سيكونون ذوي شأن مهم في المجتمع الأمريكي، مثل: محامي المستقبل، رجال المصارف، والقادة السياسيين، وغيرهم. ونقول بعبارة جيرولد زاخاريا: «علينا أن نؤسس مجموعة متميزة من المرتبة الأولى لتكون هي دعامة النخبة الفكرية في البلاد» [11].

التعليم في أمريكا بعد الدوي الذي أحدثه سبوتنيك

نحن إذ نتأمل هذا التركيز على الطرف العلوي للطيف التعليمي خصوصا على ما يتعلق بتعبئة علماء ومهندسي المستقبل، نجد أن الدوي الذي حدث إثر سبوتنيك حدد الطريقة التي يتعين الالتزام بها مع نهاية القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين. ووقعت خلال هذه السنوات أحداث تمثل معالم أساسية في التعليم الأمريكي. نذكر منها نشر تقرير «أمة في خطر» في العام 1983 الذي أصدرته اللجنة القومية المعنية بالتميز في التعليم. وكذلك إقرار تقرير «لن يتخلف طفل» NCLB في العام 2002. ويبدو كل منهما حدثا كبيرا عندما نسترجعهما. وقد

حفز إليهما إدراكنا أن ثمة شيئا خطيرا مغفلا في التعليم العام الأمريكي، وأكـد الاثنان ضرورة اتخاذ الإجـراءات لعمل إصلاحات بعيدة المدى. ولم يقتصر أي منهما على التركيز على تعليم العلم من دون سـواه، على الرغم من أنهما معا ضمنا العلم والتكنولوجيا في إطار رؤية كل منهما.

وها قد مضى وقت كاف منذ صدور تقرير العام 1983، ما يسـمح لنا بعمل نوع مـن التقييم للآثار المترتبة على تقرير «أمة في خطر». وفي رأيي أن النتيجة الأهم لهذا التقرير الذي حذَّر من أن الأمة توشك أن يغرقها «مد صاعـد من الوهن» هي وضع التعليم في بؤرة الاهتمام العام. لنسـأل: متى كانت آخر مرة، كمثال، زعم أي شـخص طموح سياسـيا أنه يريد أن يصبح «الرئيس المعني بالتعليم»؟ ونقول بكلمات غلين سـيبورغ الحائز جائزة نوبل في العـام 1993: «بدا واضحا الآن أن أزمة التعليم قبل الجامعي والحاجة الملحـة إلى إصلاح التعليم لهما فـي إدراكنا الأولوية القصـوى» [12]. وقد شُددت شروط التخرج في المدرسة الثانوية، وكذا شروط الالتحاق بالكليات خـلال العقدين الأخيرين من القرن العشـرين. وأعتقـد أن في الإمكان أن نعتبر هذا التشديد نتيجة مباشرة لنشر تقرير «أمة في خطر».

ولكن ما يدهشـنا، من ناحيـة أخرى، هو التحسـن القليل في الناتج التعليمي ذي الأهمية الذي تحقق نتيجة لهذه الإصلاحات. وإذا اسـتثنينا بعض التحسن في الرياضيات نجد أن درجات اختبارات الطلاب الأمريكيين تـكاد في جوهرها تكون ثابتة من دون تغيير تقريبا منذ سـبعينيات القرن العشـرين. معنى هـذا أن أي آثار إيجابية مترتبة علـى الإصلاح ربما لم تكن كبيـرة بالقدر الذي يجعلها واضحة للأنظار وتكشـف عنها مقاييس الاختبارات المعيارية (أو تسلم بأنها ناقصة).

ولايـزال الوقت مبكرا جـدا لعمل تقييم مماثـل لتقرير «لن يتخلف طفل». هذا علـى الرغم من أنه غير المناخ العام للنظام التعليمي بفضل تطبيقـه المعايير القومية وزيادة تأكيده المهارات الأساسـية مثل الكتابة والرياضيات، وكذا برنامجه بشأن المسؤولية والمحاسبة العامة. ومع هذا نسـتطيع أن نلمس بالفعل بعض التغيـرات في تعليم العلم والتي حدثت بوصفها نتائج غير مقصودة مترتبة على تقرير «لن يتخلف طفل». ونلحظ

أن التأكيد المتزايد للمهارات الأساسية خلال المراحل الدراسية الباكرة يتمثل في اتجاه رفع مواد لم تخضع للاختبار مثل العلوم والتاريخ، لترتفع إلى درجات أعلى في السلم التعليمي، وبحيث يلتقيها الطلاب في فترة تالية خلال حياتهم العملية. وليس واضحا، على الأقل بالنسبة إليَّ، ما إذا كانت هذه المرحلة ستكون لها نتائج إيجابية أم سلبية بشأن تحصيل الطالب في مادة العلوم. ونلحظ من ناحية أن الطلاب إذا توافرت لديهم قاعدة صحيحة في اللغة والرياضيات، فإن هذا يقينا سوف يكون عونا لكل من يناضل منهم من خلال اللغة في الكتب المدرسية المطابقة للنظام القديم. بيد أننا من ناحية أخرى لا نعرف أثر إرجاء تضمين العلم في الاهتمام الطبيعي للطلاب بالمادة الدراسية. أحسب أن هذه مسألة متروكة للبحث مستقبلا.

ولكن أيا كانت النتائج بعيدة المدى التي سينتج عنها تقرير «أمة في خطر»، وكذا تقرير «لن يتخلف طفل» فإن الخطاب الملازم لهما فيما يتعلق بتعليم العلم يشبه كثيرا النغمة التي كانت سائدة بعد إطلاق سبوتنيك: الطلاب الأمريكيون متخلفون عن نظرائهم من الطلاب في الأقطار الأخرى، ونحن لا يتخرج لدينا العدد الكافي من العلماء والمهندسين اللازمين لضمان اطراد القوى المحركة للاقتصاد؛ وكذلك نحن إذا لم نتخذ فورا الإجراءات اللازمة لعمل تغييرات جذرية فإن المشروع التعليمي برمته سوف ينهار. وسوف أطلق على هذا النوع من الحجج «الابتهال»، أو مقدمة الصلاة، اقتداء بكلمات بيورن لومبورغ في كتابه «داعية الحفاظ على البيئة الشكَّاك».

إن إحدى القسمات المثيرة للضحك في هذا الابتهال هي أن المنافس الأجنبي الأول. أو إن شئت قل بعبع العلم الأمريكي - دائم التغير مع الزمن. إذ كان هو الاتحاد السوفييتي في ستينيات القرن العشرين، ثم أصبح اليابان في الثمانينيات، وبعدها تايوان وسنغافورة وغيرهما من النمور الآسيوية. وإحساسي حتى الآن أن البلد القادم في الطابور - والذي سيكون البعبع - هو الصين أو الهند تأسيسا على من سيكون له قصب السبق، وعما إذا كان الاهتمام الأول هو الهيمنة الصناعية الكاملة أو

تعهيـــد، أي نقل، الوظائف التقنية الأمريكية العليا إلى الخارج. وأذهب في تخميني الشـــخصي إلى أن الصين ســـوف ترث عمليا دور البعبع وتصبح المنافس الرئيسي لأمريكا.

وسوف أعود إلى موضوع الابتهال فيما بعد مع قدر بسيط من التفصيل فـــي محاولة لعمـــل تقييم واقعي لمدى النجاح النســـبي لعـــدد من البلدان المختلفة في تخريج المهندســـين والعلماء. ولكن ليسمح لي القارئ الآن بأن أتحول إلى سؤال سبق أن أثرته في البداية هو: أين، وسط كل هذا السعار والفوضى، المكوِّن الملائم للطالب غير العلمي؟ ماذا عن التفكير بشأن محو الأمية العلمية أو توفير المعارف الأولية العلمية؟

الفيزياء للشعراء وللكافة

يمثل صدور الكتاب المرجعي «الفيزياء للشعراء» تأليف روبرت مارش، في العام 1972، معلما خاصا في نظري للزمن الذي بدأ فيه تغير جارف لموقف المجتمع العلمـــي من تعليم غير العلماء. ومارش عالـــم فيزياء تجريبي قدير في جامعة وسكونسن، وهو إنسان صاحب عقل حر منفتح في عالم محافظ تقليـــدي. وجدير بالذكر أنه وقت صـــدور الكتاب كان قلة من العلماء هم من يفكـــرون جديا في أي قضايـــا تعليمية أخرى غير القضايـــا المعنية بتخريج الجيل التالي من العلماء والمهندسين. ولكن الكتاب بدأ يغير كل هذا.

وطبيعي أن كان العنوان هو أول شـــيء مثير. إذ أثار انتباه الناس وجعلهم يفكـــرون في أمـــر تعليم غير العلماء. ثانيا، كُتب الكتـــاب بلغة رصينة جيدة، وحظـــي بعناية فكريـــة متميزة. لذلك كم كان عســـيرا إغفاله واعتباره «غير جديـــر بالنظر» على نحو ما كان يميل علماء كثيرون وقتذاك. وأخيرا، صدر الكتاب في الوقت الذي بدأت تشيع فيه الضغوط التي ناقشناها في الفصل التاســـع؛ إذ إن أقســـام العلوم بالجامعات كانت منفتحة ومتقبلة لفكرة زيادة أعداد طلابها. ونلحظ أن الأقسام التي آثرت الإحجام حتى ذلك الحين بدأت الواحـــد بعد الآخر تضيف مقررا دراســـيا تمهيديا كمدخـــل آخر لمقرراتها. مثال ذلك أن المقرر الدراســـي الجديد الذي يســـتهدف غير العلماء أضيف إلى المجموعة التمهيدية القائمة من المقررات المؤسســـة على الجبر وحساب

التفاضل (استهدف الأول الطلاب قبل التحاقهم بكليات الطب واستهدف الثاني المهندسين والعلماء). وهكذا أصبح اليوم من النادر أن نجد قسما من أقسام العلم لا تشتمل كتبه على مقرر دراسي من نوع مقرر «الشعراء».

كل هذا كان يجري في جامعة فرجينيا. إذ كان قسم الفيزياء يدار بأسلوب نمطي محافظ إلى حد ما، ولكنهم سمحوا لي بأن أحاول تطبيق منهاج تعليمي عن «الشعراء». ولاأزال أذكر حين تجاوز عدد المقيدين 300 وامتلأ الصف الخلفي في قاعة المحاضرة بزملائي الذين لم يصدقوا أن طلابا كثيرين يريدون تلقي منهاج دراسي عن الفيزياء. (ولكي أكون واقعيا أقول نظرا إلى أن هذا هو أول منهاج تعليمي باسم «الشعراء» في الجامعة، ظن الطلاب من دون شك أنه أسهل طريقة للوفاء بمتطلبات العلم، وهي نظرية عززها اسم مستعار أطلقوه على المقرر. فيزياء كرة القدم).

ولكن ليس معنى هذا قولنا إن الحركة التي استهلها منهاج «الفيزياء للشعراء» استهدفت حقا إنجاز المعارف الأولية العلمية. ذلك أن كل منهاج تعليمي طُبق خلال هذه الفترة كان مؤسسا في إطار مبحث علمي محدد . الجيولوجيا للشعراء، والكيمياء للشعراء... وهكذا. بل كان الهدف - بوضوح - هو تزويد غير المتخصصين بنظرة تقييمية أعمق عن مبحث علمي بذاته، وليس تزويد غير العلماء بخلفية واسعة أساسية عن العلوم. ولقد كان في إمكان الطالب، حتى مع تطبيق جميع هذه المناهج التعليمية، أن يفي بشروط ومتطلبات العلم المقرر في الجامعة من دون أن يسمع في قاعة الدرس مصطلحات مثل الدنا DNA، أو أشباه الموصلات.

وأود أن أذهب في تفكيري إلى أن صدور كتاب مرجعي في العام 1995 بعنوان «العلوم: نهج موحد» تأليف روبرت هازن وأنا، سوف يكون معلما مماثلا من حيث طريقتنا في تعليم العلم على المستوى الجامعي. إن هذا الكتاب الذي ينبني على نهج «الأفكار الكبرى» التي سأناقشها في الفصل الثاني عشر يحدد نهجا مختلفا جذريا في التعليم غير الأساسي. إذ أصبح ممكنا لأول مرة أن نجد كتابا تعليميا لتدريس منهج دراسي يعطي الطالب رؤية واسعة شاملة عن جميع العلوم، وليس مجرد عرض لمجال واحد فقط. ولايزال الوقت مبكرا جدا لعمل تقييم عن أثر هذا

الكتاب. ولكن ثمة مؤشـــرات مشـــجعة. فقد صدرت الطبعة الخامسة من الكتاب، علاوة على أن المناهج الدراســية المؤسسة على أسلوبه في التناول اعتمدها أكثر من معهد عالٍ وجامعة في كل أنحاء البلاد. وأخيرا لاحظنا مــا يمثل مجاملــة وتقديرا لهذا العمل بأن أصدر عــدد من المؤلفين ودور النشـــر كتبا مدرسية منافسة، وهذه علامة تؤكد أن الاهتمام بالموضوع بلغ نقطة التحوّل الحرجة.

ولكن علــى الرغم من إضافة المناهــج التعليمية «الشــعراء» و«العلوم الموحــدة» في الجامعات في كل أنحاء البلاد فــإن اهتمام المجتمع العلمي يكاد يكون مثبتا على تعبئة علماء ومهندسين جدد، بينما توارى - كما هي الحــال دائما - الاهتمــام بالمهن الأخرى والتعليم للجمهــور، واحتل مكانا ثانويا. وهــذا وضع مفهوم، وإن بدا محبطا إلى حد ما. وفي محاولة مني لتخفيف قبضة هذا الموقف على زملائي أود أن أختم هذا الفصل بســؤال بســيط هو: هل نحن حقيقةً متخلفون عن بلــدان أخرى من حيث تخريج علماء ومهندسين للمستقبل؟

هل نحن حقا متخلفون؟

القول بأنه ينبغي على المعلمين الأمريكيين أن يشعروا بقدر من عدم الأمان إزاء نتائج جهودهم في مجال العلم، قول في ظاهره عسير على الفهم إلى حد ما. إن العلم في أمريكا، مع بعض الاســتثناءات، لايزال يحدد المعيار العالمي، كما أن الجامعات الأمريكية، كما أوضحنا آنفا، لاتزال السبيل التعليمي المختار من قبل الطلاب في مختلف بلدان العالم، خصوصا بالنسبة إلى من يلتمسون الحصول على درجات في العلم والهندسة. ولكن إذا ما تأملنا أجهزة الإعلام وجدنــا أن كل ما نســمعه ينصب في خانة الابتهال. كيــف يمكن للناس وهم بصدد نجاحاتنا الواضحة أن يدفعوا بجدية بأن النظام متهاوٍ؟

طبيعي أن أحد الأسباب هو الأداء السيئ لطلاب المدارس الثانوية الأمريكية فــي الاختبارات الدولية المعيارية في مجال العلم والرياضيات. ويأتي الســبب الثاني من مقارنة معدلات تخرج العلماء والمهندسين في البلدان المختلفة. ولعل الحجة النمطية في هذا الصدد تجري على النحو التالي: في العام 2004 (آخر

ســنة للبيانات عن هذا الموضوع) تخرج في الولايات المتحدة 70 ألف مهندس، بينما تخرج في الهند خلال العام نفسه 350 ألفا، وفي الصين 600 ألف. واضح أن بلدانا أخرى تحقق نتائج أفضل منا في هذا المجال التعليمي الحيوي.

ونظــرا إلى أنني عايشــت فترة الهوس التي أصابــت البلاد على أثر إطلاق ســبوتنيك فإنني أتوقع من القــارئ أن يغفر لي إذ أنظر إلى هذه الصورة الراهنة لما ســميته الابتهال بعــين منحازة. إنني مدين لفريق من الباحثين في برنامج درجة الماجستير في الإدارة الهندسية بجامعة ديوك تحت إشــراف جاري جيريفــي وفيفيك وادوا، إذ تيســر لي بفضلهم أن أنظــر من كثب إلى هذه الإحصاءات، وأن أســتعيد قــدرا من العقلانية في مناقشــة تخريج مهنيين مدربين تقنيــا. ذلك أن جوهر ما فعله هذا الفريــق هو الاطــلاع - في تأمل - على بعض تفاصيــل ما تعتبره الهند والصين درجة علمية في الهندســة، ثم بعد ذلــك عمل مقارنة بندا بندا بين هذين البلدين والولايــات المتحدة. وكما يحدث غالبا حين ننظر إلى مصدر الأعداد الواردة في العناوين، ســيتبين أن الموقف أقل خطورة مما يبدو لنا في الظاهر مع أول نظرة.

الجدول (8 - 1): مقارنة درجات البكالوريا للسنوات الأربع في الهندسة في العام 2004

البلد	عدد الدرجات	الدرجات لكل مليون من السكان
الصين	351,537	271.1
الهند	112,000	103.7
الولايات المتحدة	137,437	468.3

ولنبــدأ بالصين، حيث اتصل الباحثون في جامعة ديوك بوزارة التعليم بشــأن بياناتهم. وأفادت الوزارة بأنه في العــام 2004 مُنحت 644,106 درجة في الهندسة. وتبين أن 351,538 - أي أكثر قليلا من النصف. من برامج بكالوريا السنة الرابعة والبقية مما يسمى برامج «الدورة القصيرة». وهــذه عادة برامج من 2 - 3 ســنوات، تماثل تقريبــا درجة الزمالة التي تعطيها الكليــات الحكوميــة American Community Colleges. ولكن

حتى هنا نجد مشـكلة نظرا إلى أن الوزارة، كما هو واضح، تكتفي بجمع تقاريـر التخرج من المقاطعات من دون فـرض تعريف موحد لمعنى درجة في الهندسـة. والنتيجة أن بعض الدرجات الواردة ضمن العدد الإجمالي ربما حصل عليها ناس من أمثال العاملين في ميكانيكا السـيارات وفنيي أجهزة التدفئة.

ونجـد موقفا مماثلا في الهند. إذ نظرا إلى أن حكومة الهند لا تجمع بيانـات التخرج بانتظام (آخر بيانات متاحة عـن التخرج ترجع إلى العام 1993)، فقـد ذهب باحثو جامعة ديـوك إلى «الرابطـة القومية للبرامج وشـركات الخدمات» National Association of Software and Service Companies (ناسكوم) (NASSCOM) التي تعمل كجهاز حصر من الواقع لمثل هذا النوع من البيانات في البلد. ونلحظ أنه لأسباب فنية كانت الأرقام التي جمعتها «ناسـكوم» عـن العام 2004 هي توقعـات أكثر منها بيانات مؤكدة. ونلحظ أيضا أنهـا تفيدنا بقصة مماثلة لما هو حادث في الصين. ويذهـب هؤلاء الباحثون في تقديراتهم إلى أنه تخرج في الهند 215 ألف درجـة في الهندسـة في العام 2004 (وليـس 350 ألفا كما هو مبين في العناوين الرئيسـية). وأن من بين هذا الرقـم 112 ألفا (مرة أخرى أكثر قليلا من النصف) هم من أتموا برامج السنوات الأربع.

وبغية الوصول إلى الجدول (8 - 1) وضع باحثو جامعة ديوك هذه الأرقام معا، بالإضافة إلى النتائـج التي حصلوا عليها من المركز القومي لإحصاءات التعليم في الولايات المتحدة (137,437 درجة في الهندسـة لبرامج السنوات الأربع) واسـتخدموا الإحصاءات الرسمية لأعداد السكان في البلاد لتحديد عدد الدرجات الممنوحة لكل مليون من السكان. وعند النظر إلى الإحصاءات بهـذه الطريقـة، ومقارنتهـا بندا مقابل بنـد، كادت تختفي هـوة التحصيل التعليمي. معنى هذا في ضوء الأرقام المجردة أننا سواء في الملعب مع منافسينا الرئيسـيين. ولعل الأهم هو درجات الخريجين لكل نسـمة من السكان، نظرا إلى أن الحاجة إلى المهندسـين من شأنها أن تزيد مع زيادة السكان. وأخيرا، ثمة حاجة إلى شـخص ما يضع صيغة توضح كل هذه التقاطعات الإضافية. وهنا تتجلى واضحة الميزة التي تتمتع بها أمريكا.

ولكن ونحن نمضي في عالم آخذ طريقه إلى العولمة سريعا، لا يسع الأمريكيين أن يقنعوا بالرضا عن ذواتهم فيما يتعلق بالنظام التعليمي، ولا أن يقنعوا بقدرتهم على المنافسة دوليا في الساحة العالمية. لأننا قادرون دائما على عمل ما هو أفضل مما ننجزه حتى الآن. ونحن من ناحية أخرى، وكما يوضح الجدول السابق، لسنا بدرجة السوء التي تعبر عنها صلاة الابتهال.



9

توزيع المسؤولية: كيف وصلنا إلى ما نحن فيه؟

نجد أنفسنا الآن في موقف نشعر معه بأهمية المعارف الأولية العلمية، لكننا نجد معه، ولأسباب معينة، أن مدارسنا لا تخرج طلابا توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية. ووضح لنا أن الولايات المتحدة، كما هو موثق في الفصل السادس، حققت بعضا من التقدم في هذا المجال. ولكن على الرغم من هذا، يحدوني شعور بأن أمريكا، وهي البلد الذي أُسس على العلم الحديث والإبداع التكنولوجي، قد خرجت في مكان ما عن المسار الصحيح الموصل للهدف. وحري بنا قبل الحديث عن كيفية تحسين الوضع أن تتوافر لدينا فكرة واضحة عن كيفية حدوث ذلك.

«يبدو لي أن اهتمام الطفولة بالطبيعة من شأنه أن يفيد كرأسمال ثمين يمكن للتلاميذ استثماره لتجاوز الفترة الصعبة. عندما يأخذ تعليم العلوم صورة أكثر صعوبة من مجرد مراقبة الخنافس والفراشات»

المؤلف

من المهم قبل تحديد المسؤولية أن نمايز بين نوعين من الأسباب: أسباب قريبة وأخرى بعيدة. إن السبب البعيد للأمية العلمية، أو لعدم توافر المعارف الأولية العلمية، شأنه شأن كل الأسباب لأي مشكلة كبرى يمكن أن يعود إلى موقف المجتمع ككل وإلى المواقف العامة - تحديدا - من العلم. بيد أن هذا قول متهافت وغير مقنع، إنه مدعاة إلى اليأس، وتسليم بالهزيمة أكثر منه أي شيء آخر. إذ إنه يقينا يفيد قليلا كأسلوب علاج، لذلك لن أمكث معه طويلا. إنني معني جدا باكتشاف السبب وراء عدم استجابة مؤسساتنا التعليمية للمشكلة، على الرغم من اتساع نطاق الأمية العلمية أو الأمية بالمعارف الأولية العلمية، بغض النظر عن سببها الرئيسي. وعندي في هذا الصدد كثير مما أقوله، ذلك أن المؤسسة التعليمية في حقيقة الأمر يجب حثها على العمل بسرعة ونشاط إذا شئنا ألا يتحول الجيل التالي من الطلاب الأمريكيين إلى جيل أمي علميا، كما هي حال الجيل الحاضر.

وسوف أتحدث فيما يلي عن مراحل التعليم ابتداء من المدرسة الابتدائية وصولا إلى الجامعة. وليس لي أن أدعي أنني صاحب خبرة في بعض المجالات، مثل التعليم الابتدائي، أكثر من أصحاب الشأن المعنيين عادة مثل الكبار والآباء. بيد أنني لدي بعض الخبرة مع المقررات الدراسية في المدارس المتوسطة. وأستطيع أن أتكلم في ضوء خبرة حياتية سيئة عن مشكلات من بينها مشكلات التعليم الجامعي. وسوف أدفع فيما يتعلق بالمراحل الباكرة من التعليم بأن الاتجاه القائل بأننا «نعلم أطفالا، لا مواد دراسية»، وهو قول يبدو شائعا في هذه المنظومة، إنما هو قول يحبط أي دراسة جادة للعلم. ونجد بعد ذلك في المدرسة الثانوية وفي الكلية ما يشبه تحالفا غادرا يسري في الخفاء بين العلماء (الذين يريدون فقط التدريس لطلاب المستوى الأعلى) ومعلمي الدراسات الإنسانية (الذين لا يريدون تعليم العلم على الإطلاق) والطلاب (الذين يريدون الانتهاء من المهمة بأسهل طريقة ممكنة) ويناضلون جميعا ضد أن يتضمن التعليم تعلم المعارف الأولية للعلم.

وعلى الرغم من أن مزاج هذا الفصل يبدو سلبيا إلى حد ما، فإنه ينبغي ألا ننظر إليه باعتباره نواحا أو رثاء. إن هناك، حتى وأنا أسطر هذه الكلمات، مئات من أصحاب المواهب الرفيعة جدا والحماس الشديد

عاكفين على اكتشـاف السـبل الناجحة لتحسين مسـتوى تعليم العلم في البـلاد. وها نحن نرى الـوكالات الفدرالية تصب الأمـوال وتبذل الجهد في هذا النطاق أيضا. مثال ذلك أنني أشـارك مع لجنة تابعة للأكاديمية القومية للعلم والمسؤولة عن اسـتعراض ومراجعة برامج «ناسا» في تعليم مرحلة k-12. وتنفق هذه الوكالة عشرات الملايين من الدولارات سنويا على هذا المشـروع (وأكثر من هذا أيضا من أجل دعم الدارسـين من خريجي العلـوم والهندسـة). وتعمل وكالات أخرى على تحقيق الهدف نفسـه عن طريق مطالبـة من يتلقون منح البحوث بأن يخصصـوا قدرا من أموالهم لمصلحة برامج تعليمية متطورة. ومن ثم نرى أن الصورة ليست قاتمة تماما على الرغم من قسوة المشكلات التي أريد مناقشتها.

المدرسة الابتدائية والمتوسطة

بـين المعلمين توافق عام في الرأي على أن ما أسـميه التحول العظيم في اتجاه العلم يقع أحيانا حول سـني المدرسة الوسـطى أو السنوات الأولى من المرحلة الثانوية. ويبدو أن الفضول المعرفي السوي إزاء العالم يتحول إلى ازدراء بل وربما إلى خوف من الأمور العلمية. ويدرس كثيرون كيف ولماذا يحدث هذا. وثمة قائمة بالشـكوك العادية تتضمن الضغـط والإجهاد المتواصل، ومواقف الأبوين والإحساس بصعوبة إنجاز العلم، علاوة على أمور أخرى.

ولنا أن نقول في عبارة واحدة كم هو عسير أن نعرف لماذا تنشأ مشكلة خاصة بتعليم العلم؟ إن الأطفال بطبيعتهم فضوليون للمعرفة، ونرى الطفل البالغ من العمر خمس سـنوات بوسعه أن ينحني ناحية فراشة أو خنفساء يراقبها فترات طويلة تتجاوز الفترة العادية لانتباه الطفل. ونرى طفلا في العاشرة من العمر يقضي فترة ما بعد الظهيرة بطولها على الشاطئ يجمع فـي دأب كنزا مـن الأصداف والصخور، أو كمًّا مـن قطع صغيرة يضطر الأبوان إلى حملها معهما عند العودة إلى البيت. وهذا الفضول المعرفي هو المادة الأولية التي يتغذى عليها العلم، وهو الذي يشـكل الأسـاس والحافز للبحث عند الكبار. وبهذا المعنى نرى أن الأطفال بطبيعتهم مهتمون بالعلم. لكن شيئا ما يغير كل هذا في المرحلة المتوسطة.

وثمة تجربة شخصية توضح مشكلة كبرى تتعلق بتعليم العلم في هذا المستوى المدرسي. تصادف أن ابن أحد زملائي وابنتي الكبرى في عمر واحد، وبذا يتلقيان مقررا تعليميا واحدا في العلوم في مدرستيهما. وأذكر أنه بسبب الطبيعة الخاصة المميزة لجغرافية العاصمة التحق ابن زميلي بمدرسة في ميريلاند بينما التحقت ابنتي بمدرسة في فرجينيا. لكن المدرستين تقعان وسط ضاحيتين موسرتين زاخرتين بأولياء أمور على حظ مرتفع من التعليم، ولهم أعمالهم التي تشغلهم. وتحتل المدرستان صدر قائمة تضم مائة مدرسة في أمريكا، وفق الترتيب السنوي الذي تقدمه مجلة نيوزويك.

على أي حال وصل المقرر الدراسي في أثناء التدريس إلى باب علم الأرصاد الجوية. ويمثل الطقس أحد الموضوعات التي يهتم بها الأطفال بطبيعتهم، إذ كم من المرات تلقى الآباء والأمهات أسئلة من أطفالهم عن السحب، ما هي، وكيف تمطر؟ بيد أن ابن صديقي أعطته المدرسة قائمة تضم أكثر من 20 آلة من آلات الرصد لحفظها. فهل تصدق أنها لم تكن قائمة بكلمات مع تفسير لأهميتها، بل مجرد قائمة للاستظهار؟!
وغني عن البيان أن زميلي كان مستثارا غاضبا. وعلمت بكل ما دار من القيل والقال، ولذلك حين جمعني العشاء مع ابنتي، سألتها عما إذا كانت تعرف شيئا عن الهيغروميتر الدوار (جهاز قياس درجة الرطوبة النسبية في الجو). [إذ كان هذا أحد بنود القائمة]. فأجابتني ابنتي: «آه، نعم...، إنه إحدى الأدوات التي تحملها إلى الخارج وتدور حول نفسها لقياس الرطوبة في الجو...». ووضح من لغتها أن صفها الدراسي خرج بالفعل إلى الفناء واستخدم الجهاز، وليس مجرد حفظ الاسم. وشعرت بالراحة النفسية عند سماعي ذلك منها، خاصة بعد كل المبالغ التي دفعتها ضريبة عقارية! لكن هذه القصة القصيرة توضح - وبشكل يقيني - مدى سهولة أن تحوِّل موضوعا علميا للتدريس إلى شيء مَواتٍ لا حياة فيه البتة.

وللأسف فإن تجربة ابن زميلي ليست حدثا معزولا منفردا. إذ ثمة تقدير يفيد بأن الطالب في الصف الثامن يلتقي على الأرجح في حصة تدريس العلم بكم من الكلمات أكثر من الكلمات التي يلتقيها في حصة اللغة الإنجليزية. وليست المسألة هنا، بالأولى، مسألة قائمة تناولها الطالب، وتتضمن أشياء لا

يعرفها غير اختصاصي الأرصاد الجوية، بل المسألة أن ما كان ينبغي أن يكون موضوعا حيا وحيويا وآسرا للاهتمام تحول إلى ممارسة جافة تعتمد على الاستظهار عن طريق التكرار من دون فهم. ويساورني خوف من أن طلابا كثيرين يظنون أن العلم هو هكذا، أي إن طالب الكلية يدرس 100 مصطلح، بينما طالب الدكتوراه عليه أن يستظهر ألفا. وهل لنا بعد هذا أن نستغرب أن الطلاب الذين عاشوا مثل هذا النوع من التعليم ينصرفون في النهاية عن الالتزام بالمقررات الدراسية الخاصة بالعلوم بأسرع ما يستطيعون؟

وحتى عهد قريب كنت ألقي بالقدر الأكبر من اللوم بسبب التعليم السيئ للعلوم في المدارس المتوسطة على كليات التربية مباشرة. ولا أزال حتى الآن أسمع بين الحين والآخر صدى للعبارة القديمة «نحن نعلم أطفالا، لا مواد دراسية» داخل الأوساط المهنية، على الرغم من أن الفكرة القائلة إن المعلم عليه أن يمتلك ناصية مادة الدراسة (علاوة على طرق التدريس) أضحت الآن أوسع انتشارا مما كانت. ونعرف أن جانبا من هذا الانحياز ضد مادة الدراسة يرجع إلى فكرة أن هدف التعليم، على الأقل في المدارس الابتدائية والمتوسطة، هو تعزيز وترسيخ تقييم الذات وجعل الطلاب يشعرون بالثقة بأنفسهم. لكن في مثل هذا الموقف تأخذ المواد الدراسية الصعبة، مثل العلوم، وضعا متدنيا بما أنها تشتمل على مخاطرة الفشل، وما يترتب على هذا من فقدان احترام النفس.

أود لو أقول إن هذا الاتجاه قد توارى وذوى في المدارس منذ بداية برنامج «لا لتخلف أي طفل»، لكن مناقشاتي مع المعلمين الذين يشاركونني الرأي جعلتني أشك وأرى رأيا آخر. إن فكرة أن المعلمين لهم رسم استراتيجية تهدف إلى أن تهيئ الفرصة لكل طفل لكي ينجح تبدو جيدة على الورق، لكنها تفترض أن جميع الأطفال يريدون النجاح في التعليم الرسمي التقليدي، وهو افتراض مشكوك فيه لو صح أن هناك شيئا كهذا. ويُفترض أيضا أن جميع المواد الدراسية يسهل امتلاك ناصيتها جميعا بالتساوي، وهو أمر ليس صحيحا على وجه القطع واليقين بالنسبة إلى العلم والرياضيات. وهكذا نجد أنفسنا في الأغلب الأعم في موقف تتعين فيه حماية الأطفال من الفشل بغية تعزيز صحتهم الانفعالية، من دون أن نطالبهم في الوقت نفسه ببذل جهد كاف يهيئ لهم إمكان التفوق الحقيقي في مواد دراستهم.

ونجد المثال الأخير للنتائج المترتبة على هذا النوع من المواقف معروضا في تقرير يحمل عنوان «تعليم العلوم والرياضيات في عصر كوكبي». ووضعت هذا التقرير جمعية آسيا Asia Society في العام 2006. ويعرض التقرير من خلال رسوم بيانية، جنبا إلى جنب، نتائج دراستين. تبين إحداهما النسبة المئوية من طلاب الصف الثامن في عدد من البلدان المختلفة الذين حصلوا على درجات متقدمة في اختبار معياري لتحصيل الرياضيات. ويكشف (من دون أن تدهش لذلك) عن أن الفائزين هم طلاب البلدان الآسيوية (سنغافورة وتايوان وكوريا الجنوبية وغيرها) بنسب مئوية تتراوح بين 24 في المائة و44 في المائة. وجاءت درجات الطلاب الأمريكيين 7 في المائة. ويعرض الرسم البياني الثاني النتائج التي حصل عليها هؤلاء الطلاب أنفسهم في اختبار الثقة بالنفس. هنا كان الأمريكيون في الصدارة، حيث 50 في المائة من طلابنا واثقون بأنفسهم وبأنهم متميزون في الرياضيات. (مثال للدلالة على ذلك هو أن أطفال جنوب أفريقيا الذين حصل 35 في المائة منهم على درجات متقدمة في الاختبارات العلمية، حصل فقط 20 في المائة منهم على درجات تؤكد الثقة بالنفس).

وللأسف فإنني التقيت كثيرين جدا من المعلمين (خصوصا من يعملون مديرين لمدارس ابتدائية ومتوسطة)، وبدا لي أنهم يرون أن هذه العملية التي تستهدف بناء الثقة في الفراغ بدلا من أن تنبني على أساس التحصيل الصلب هي - عمليا - الهدف الصحيح للنظام المدرسي. وأدركت أن هذا موقف محبط للغاية، ويكفي أن أشير إلى أن عينيَّ وقعتا مصادفة على مقال كنت كتبته في ثمانينيات القرن العشرين، وعلقت فيه على دراسة مماثلة أفضت إلى نتائج تماثل - على نحو مثير للأسى - تلك النتائج التي تضمنها تقرير «جمعية آسيا». وتوضح هذه الدراسة أن طلاب كوريا الجنوبية فرغوا أولا من اختبار تحصيل الرياضيات، وكان الأمريكيون هم الأخيرين. وعندما جاء الدور على تقييم عبارة «أنا متميز في الرياضيات» أجاب 68 في المائة من الطلاب الأمريكيين بالإيجاب، ما يشير إلى أن تعليمهم جعلهم في الحقيقة «يشعرون بالرضا عن أنفسهم». لكن عندما أجاب الكوريون الجنوبيون عن السؤال نفسه وجدنا 24 في المائة فقط منهم هم من أجابوا بنعم.

وثمة بوادر - لحسن الحظ - تشير إلى أن المحتوى في سبيله إلى أن يستعيد مكانته في المؤسسة التعليمية، وأضحت أغلبية الولايات تشترط الآن حصول المعلمين على درجة البكالوريوس في مبحث علمي محدد قبل مواصلتهم الدراسة المتقدمة الخاصة بالتعليم نفسه. وجدير بالذكر أنه قبل بداية هذا التغيير المحمود كان المعتاد هو توقع أن يدرس المعلمون موضوعات علمية ليسوا متمكنين منها. وطبيعي أن أي معلم (بما في ذلك المؤلف نفسه) في مثل هذا الموقف سيشعر بعدم الارتياح، وكذلك ليس عسيرا أن ندرك صعوبة نقل الاهتمام (فضلا عن الحب) للعلم لدى الدارسين في مثل هذه الظروف.

وإخال أن مثل هذا الموقف يثير الانزعاج خصوصا لدى مستوى التعليم الابتدائي. إن مستوى المعرفة العلمية اللازم لتعليم تلميذ في هذا المستوى ليس أبدا مستوى رفيعا متقدما، ولنا أن نسأل في نهاية المطاف: ما مدى تعقد أسئلة تلميذ في السادسة من العمر؟ وأود أن أؤكد أن المطلوب بالنسبة إلى المعلمين هو أن يشعروا بالراحة والألفة مع المادة الدراسية حتى لا ينقلوا إلى تلاميذهم إحساسهم بعدم الراحة (إن لم نقل الحرج والخوف). ومن ثم فإن ما يحتاج إليه حقا معلمو المدرسة الابتدائية هو إطار المعارف الذي سميته «المعارف الأولية العلمية». وأذكر على سبيل المثال أن ابنتي وقتما كانت في المدرسة الابتدائية أدركت وزميلاتها وزملاؤها، بوضوح، أن معلميهم يشعرون بعدم الارتياح وهم يدرسون وحدات دراسية عن الفلك. وقدمت إلى المدرسين برنامجين إرشاديين للتدريس بشكل غير رسمي خلال فترات ما بعد الظهيرة عن هذه المادة الدراسية، لم أقدم شيئا تقنيا متخصصا، بل فقط نوعا من الأفكار والموضوعات التي سوف أدمجها فيما بعد ضمن مقررات المعارف الأولية العلمية. وأعطيتهم ما يكفي فقط لكي يشعروا بالارتياح والألفة مع المادة الدراسية. وأخبروني بأن التجربة أدت إلى تحسن عملية التدريس على نحو يفوق كل تقدير.

وكثيرا ما أتذكر هذه التجربة عندما أفكر في إعداد معلمي المدارس الابتدائية في معاهد التربية وإعداد المعلمين. وأتساءل: كم من المعارف العلمية الأولية والعامة سوف تتضاعف إذا ما اشترط المسؤولون على جميع معلمي المستقبل تلقي مقرر دراسي في المعارف العلمية الأولية، بالإضافة إلى المقررات الخاصة بمناهج التدريس؟

وأخيـــرا، حري بنا أن ندرك أن العلـــم يجب ألا يبدو موضوعا غريبا لا يلقى ترحيبا في المدارس الابتدائية والمتوسطة. إذ لا شيء بطبيعته مناهض للعلم فيما يتعلق بالمراهقة. ويبدو لي أن الفتيان والفتيات في أوروبا واليابان قادرون على اســـتيعاب كميات مـــن المعارف العلمية التي لا تبدو اســـتثناء مذهلا وفق المعايير الأمريكية. كذلك ليست المراهقة هي الفترة التي يشعر فيهـــا الصغار - بالضرورة - بالرغبة في أن ينأوا بأنفســـهم عن محاولات تبدو صعبة، إذ كم عدد الموسيقيين والرياضيين الذين أصبحوا منذ البداية جادين بشـــأن مســـتقبل حياتهم العملية خلال فترة المراهقة من عمرهم؟ ويبدو لي أن اهتمام الطفولة بالطبيعة من شـــأنه أن يفيد كرأســـمال ثمين يمكن للتلاميذ اســـتثماره لتجاوز الفترة الصعبة، عندما يأخذ تعليم العلوم صورة أكثر صعوبة من مجرد مراقبة الخنافس والفراشات.

الآن، وقـــد فرغت مما قلت، أرى لزاما أن أضيـــف أن بعض التجارب الحديثة جدا بشـــأن تطوير الكتب الدراســـية (فضلا عن زواجي بمعلمة ماهرة في المدرسة المتوسطة) هيأ لي الوصول إلى تقييم جديد عن جوانب لتعليم العلم والتي لا تنبثق من العلم ذاته. لقد واتاني خاطر التنوير وأنا في مؤتمر منعقد في المقر الرئاســـي لناشري ماكدوغال - ليتل في إيفانستون (قريبة من شـــيكاغو). وتملك هذه الشـــركة تاريخا طويلا في مجال نشر كتب دراســـية للمدارس الابتدائية والمتوسطة في مواد دراسية مثل الأدب والتاريخ، وأنشأت فرعا للعلم. وكنت في الاجتماع شأني شأن «المرء القانع» إذ شـــعرت، شـــأن أغلبية العلماء، بأنه ما دام المحتوى في نصابه الصحيح فـــلا حاجة إلى مزيـــد. ودرت ببصري حول المائـــدة، وأدركت أن كل واحد من الحاضرين، رجالا ونســـاء، إنما حضر لأنه خبير في مادة ما - المقرر الدراســـي، أو مســـتوى القراءة أو اللغة الإنجليزية كلغـــة ثانية... وهكذا. وفجـــأة خطر ببالي أن مجرد توافر المحتوى الصحيح ليس ســـوى عنصر واحد، وإن كان بالغ الأهمية، بل إنه جزء من صورة أكبر. وقلت في نفسي إننـــا لكي ننجـــح يجب أن يكون كل شـــيء في وضعه الصحيـــح، ولا نقنع بالمحتـــوى فقط. وأود أن أقول إن هذه الخبرة هيأت لي تقييما أعمق مما كان لديَّ في السابق عن مشكلات التعليم قبل الثانوي.

علمتني هذه التجربة شـيئا هو أن الرؤى النقدية الشـعبية التي تلقي بالمسؤولية على المدارس وعلى المعلمين محدودة القدرة من حيث مساعدتها على حل مشـكلة المعارف الأولية العلمية، وسـوف يتضح لنا ونحن نمضي في طريقنـا قدما صاعدين السـلم التعليمي في هـذا الفصل أن هناك كثيرا من أسـباب اللوم المختلفة. وتجدر الإشـارة إلى أن الموقف المعياري الـذي أصادفه بين الأقلية من زملائي في الجامعـة، ممن يعنيهم التعليم قبل الثانوي، يتمثل أساسـا في عبارة «حسـن، هاهو العلم، وهاهنا نهاية مسـؤوليتي». لكن العلمـاء يجب أن يكونوا، على أقـل تقدير، أكثر إدراكا للتعقـد غير المحدود للمشـكلات غير العلمية التـي يتضمنها التعليم في المدارس الابتدائية والمتوسطة، وربما أن يكونوا أيضا أقل ثقة بأنفسهم من حيث سلامة الرأي. وأقول صراحة: إنني لا أعرف أيا من علماء الجامعات لديه القدرة على الصمود يوما واحدا مع الصفوف الدراسـية لتلاميذ في الثالثة عشرة من العمر، أو أعرف أنني كذلك.

وحري بي أن أشـير إلى أننـي إذا ما أردت توضيح هـذه النقطة في محاضرة عامة، فإنني كثيرا ما أوضحها لنفسي نظرا إلى سهولة الحديث إلى جمهور كبير من المسـتمعين. وهذا مـا أفعله دائما. ثم أقول بعد ذلك - وبصـدق كامل - إن المرة الوحيدة التي يواتيني فيها الخوف قبل الظهور أمـام جمهور عام هي المرة التي أجد فيها لزاما عليَّ أن أتحدث إلى ابنتي التي هي في الصف الثالث عن المغناطيسية.

وأحسب أن في هذا الكفاية.

المدرسة الثانوية

هنا لا نجد - فيما يبدو - أي سـبب وحيد يبـرر التحول الكبير، لكن يبدو لي أن المدارس إذا تقاعست عن تقديم العون فلا أقل من أن تكف عن إحداث أي ضرر. وتشير كل الدلائل - للأسف - إلى أنها لا تؤدي حتى هذا الدور الحيادي. إذ إن سـنوات التعليم في المدارس الثانوية هي اسـتطراد للعـزوف عن العلم الذي بدأ فـي مرحلة مبكرة. وهكذا نجد 23 في المائة فقط من طلاب المدرسـة الثانوية الأمريكية هم من يتلقون ثلاث سـنوات

مقررات في كل من مادتي الرياضيات والعلوم، وأقل من 15 في المائة منهم يدرســـون مقررا في الفيزياء. ونلحظ أن الطلاب حين يدرســـون مقررات من هذا النوع إنما يدرسونها فقط للوفاء بشروط الالتحاق بالكلية، وليس التزاما بالشروط التي فرضتها الولاية أو المجالس المحلية للمدارس.

والشيء الأشـــد غرابة هو أن التركيز على شروط الالتحاق بالكليات يمكن أن يؤدي إلى الإضرار بتعليم العلم بوســـائل أخرى. ويســـود اعتقاد (أراه صحيحا) هو أن مقررات دراســـة العلم دراســـة جـــادة صعبة على كثيريـــن. وهكذا فإن الطلاب الذيـــن يتلقون مقررات في العلوم أكثر مما هو ضروري بشكل مطلق إنما هم في الواقع يخاطرون بمتوسط الدرجات التي يحصلون عليها، ومن ثـــم يكون التحاقهم بالكلية على المحك. معنى هذا أنـــه في الوقت الذي يكون لسياســـات الالتحـــاق بالكليات دور في حفز طلاب المدرســـة الثانوية على تلقي مقررات دراســـية في العلوم، إذا بهـــا أيضا لها دور في صرفهم عنها. لكن ســـواء تعلـــق الأمر بالالتحاق بالكليات من عدمه تظل الحقيقـــة الواقعة، وهي أن الطلاب الأمريكيين مـــع التحاقهم بالمدرســـة الثانوية يكونون في وضـــع يحفزهم على تجنب العلم حيثما كان ذلك ممكنا، فضلا عن أن المدارس الثانوية لا تبذل سوى القليل من الجهد لتغيير الموقف.

ووفـــق تقديـــري فإن تعليـــم العلم، علـــى الأقل في مـــدارس الحضر والضواحـــي داخل المقاطعات ذات التمويل الجيـــد، للطلاب الذين يتلقون مقـــررات دراســـية تمهيدية في المدارس الثانوية يســـير فـــي وضع جيد. ونعـــرف أن معلمـــي المدارس الثانويـــة يؤثرون تلقي عـــدد محدود - على الأقل - من المقررات الخاصة بالمباحث العلمية التي يدرســـونها والحصول على شـــهادة خاصة بمادة الدراسة. علاوة على ذلك، أفاد تعليم العلم في المدرســـة الثانوية من واقع أن كليات الجامعات كثيـــرا ما تعيد النظر إلى المراحل الأولى من خط الأنابيب وصولا إلى المدرســـة الثانوية وتشـــارك، من باب الحرص المســـتنير على المصلحة الذاتية، في تعلم العلم بالمدرســـة الثانوية. جدير بالذكر أن مقرر دراســـة الفيزياء الذي حددته لجنة دراسة علـــم الفيزياء التـــي تحدثت عنها في الفصل الثامن يســـتخدم على نطاق

واسع بين أفضل الطلاب العازمين على الدراسة العلمية. وتلوح اليوم بعض الدلائل التي تشير إلى موجة جديدة من الاهتمام ربما توجه أنظار علماء الجامعات ثانية إلى المدارس الثانوية لتكون محط اهتمامهم.

لكن حتى لا يتولد لدينا إحساس بالزهو الكاذب حري بنا أن نوضح أن القدر الأعظم من الاهتمام البادي اليوم بتعليم العلم يستهدف تخريج علماء ومهندسين للمستقبل، وليس معالجة المشكلة العامة الخاصة بمحو الأمية العلمية. ويبدو في الواقع، وبالنسبة إلى الطلاب ممن هم خارج صفوف الفرق الأفضل المعنية بدراسة العلم، أن القوى المؤثرة في المدارس الثانوية تعمل متحالفة وبقوة ضد اكتساب المعارف الأولية العلمية. ونظرا إلى أن المدارس المتوسطة لا تبذل أي جهد للحيلولة دون التحول السلبي الكبير فإن الطلاب غالبا ما يدخلون المدرسة الثانوية ولديهم الرغبة في تجنب العلم قدر المستطاع. ويجدون أنفسهم في مواجهة عروض عن العلم مجزأة ومقسمة إلى أقسام مستقلة بعضها عن بعض، ومطلوب منهم انتقاء أحدها لدراسته بغية «استيفاء شرط العلم». ويجدون أنفسهم مجبرين على الاختيار بين مقررات تحمل اسم الفيزياء والبيولوجيا والعلوم العامة وعلوم الأرض وغير ذلك. ويقع الاختيار على ما يرونه الأفضل بذكائهم، في ضوء أسلوب عمل المنظومة الدراسية. ويعمدون إلى اختيار الحد الأدنى من المقررات اللازمة من بين المقررات التي شاع عنها أنها الأسهل، وهو الأسلوب الذي يتكرر عند التحاقهم بالكليات.

وهنا نشير إلى أن تجزئة العلم إلى قطاعات يقصي أحدها الآخر (فيزياء، كيمياء، بيولوجيا، فلك... إلخ)، مع اقتران ذلك بفكرة أن الطلاب في حاجة إلى أن يدرسوا فقط أقل القليل منها ليتعلموا العلم إنما يمثل ظاهرة تطفو على السطح لأول مرة في المدرسة الثانوية. وتعود إلى الظهور في صورة أشد ضررا في المستوى الجامعي. وسوف أناقش فيما بعد تهافت هذه الفكرة عقلانيا، لكنني أكتفي الآن بالإشارة إلى أن الطلاب الذين اختاروا - كمثال - دراسة علوم الأرض سيكونون على الأرجح عاجزين عن قراءة مقال عن الهندسة الوراثية وفهمه، بينما من اختاروا دراسة البيولوجيا ربما يجدون أنفسهم ضائعين حين يتعلق الأمر بفهم زلزال وقع في سان فرانسيسكو.

إننــا، في أفضــل الأحوال الممكنــة، نتوقع أن يكون خريجو المدرســة الثانويــة حاصلين على المعارف الأولية العلمية، أي مُحيت أميتهم العلمية، إذ ليس شــرطا أن يحصل المرء على درجــة الدكتوراه لكي يقرأ صحيفة. لكن في ضوء نظام المواد الدراسية الاختيارية المقسمة إلى أقسام مستقلة بعضهــا عن بعض نجد أن أفضل ما نتوقعه هــو ألا يكون الطالب عازفا عــن العلم في المدرســة الثانوية. ويبدو واضحا أن لا ســبيل تقريبا أمام الطالب الأمريكي من خريجي المدرســة الثانوية لاكتساب المعارف العامة التي تشــكل قواسم الإطار العام الضروري للمعارف الأساسية. والحقيقة أننا فــي ضوء النظام التعليمي الابتدائي والمتوســط، الذي فرغنا لفورنا من تحليله، لنا أن ندهش إذا ما وجدنا أي شخص في بلادنا تتوافر لديه الثقافة العلمية.

الجامعة

وماذا عن الجامعات؟ النظرة السائدة عن التعليم العالي الأمريكي، عن حق تماما، أنه الأفضل في العالم، خاصة على المســتوى الجامعي. يلتحق الطالب بالجامعة وقد تهيأ بالفعل لحياة العمل في العلم أو الهندسة، وقد توافرت له المصادر وأوقات الدراســة التي تتزايد كمياتها أكثر وأكثر على امتداد خط الأنابيب الذي يتقدم معه الطالب وفق مراحل دراســته. لكن، وكما كانت الحال في المدارس الثانوية، لا نجد اهتماما بمشــكلة تعليم من لم يخططوا لأنفسهم ليكونوا علماء.

ولقــد توافرت لــي، بحكم عملي عالما بالجامعــة، فرصة كافية لأرى كيف تكون ردود أفعال زملائي إزاء مشــكلة تعليــم غير العلماء. ومن ثم اســتطعت، بناء على ذلك، أن أطور بعض الأفكار المحددة (وإن خلت من المجاملة) عن الأســباب في أن الجامعات لا تبذل ســوى جهد ضئيل من أجــل إعداد جمهور توافــرت لديه المعارف الأوليــة العلمية. وأحد هذه الأسباب هو التدني الشديد لحالة تعليم المواد الدراسية (بما فيها العلم) في جامعاتنا. والآخر التحالف الغريب الذي نشأ لمعالجة مكانة العلم في المقرر الدراسي العام.

وتسود نظرة عامة، إن لم نقل مثالية، عن الجامعات التي نرى فيها مستودعات المعرفة البشرية، والحصون المغطاة بشجر اللبلاب المخصصة للتعليم حيث تتراكم حكمة ثقافتنا وتنتقل منها إلى الجيل التالي. وأعترف بأنني اقتنعت بهذا المثل الأعلى، وكم أود أن تقترب منه جامعاتنا. لكن إذا ما ذهب بك الظن إلى أن الجامعات الكبرى في القرن الواحد والعشرين هي الساحات التي يناقش فيها الطلاب معنى الحياة، وهم يمشون الهوينى عبر الغابات في رفقة أساتذة ذوي شعر أشيب، فإنك من دون شك لم تعرف - من كثب، ولفترة طويلة - حال الجامعات أخيرا. وأتذكر هنا حفل عشاء شاركت فيه منذ سنوات في إحدى الجامعات الكبرى في الشمال الشرقي. وتحدث أحد الضيوف غير المنتسبين إلى الجامعة، وأوضح أنه ظن أن تعليم الطلاب قبل التخرج له الأولوية القصوى في هذه المؤسسة تحديدا. وبعد لحظة من الصمت الخجول الذي ران على الحضور من أبناء الجامعة، نهض أحد كبار أساتذة قسم علم النفس وابتسم ابتسامة حزينة وقال «ملاحظة مؤثرة للغاية».

إن ما أثار حالة الصمت الخجول والملاحظة التهكمية - إلى حد ما - التي أعقبت الصمت هو إدراك أن التعليم في جامعات اليوم، خصوصا تعليم الطلاب قبل سن التخرج، لا يحظى بأهمية كبيرة. وواقع الحال، ووفق وجهة نظر هيئات التدريس الجامعي، لم تعد وظيفة الجامعة هي التعليم، بل توفير الدعم للكلية لإنجاز البحوث.

ولكي تفهم ما أعنيه بهذه العبارة، حري بك أن تدرك أن هناك عمليا جامعتين، وإن بدا ذلك عسيرا، في كل حرم جامعي، إحداهما الجامعة المرئية (المباني والطلاب والكلية وهيئة التدريس)، وطبيعي أن الجامعة المرئية هي التي نتحدث عنها في كل الأوقات تقريبا، سواء عند مناقشة السياسة التعليمية، أو حظوظ فريق كرة القدم أو أحدث الإضافات إلى ساحة التقانة العليا الصناعية عند نهاية الطريق. ويمكن القول، من وجهة نظر فكرية، إن الجامعة المرئية منظمة على نحو أفقي ولها أفرع معرفة مختلفة متجاورة.

ولكن توجد جامعة غير مرئية أيضا، مؤلفة من عدد كبير من الكليات غير المرئية المتوازية، ولكن لا رابط بينها. وتتألف هذه المؤسسات غير المرئية من باحثين تتركز جهودهم في مجال بعينه. مثال ذلك الفيزيائيون المتخصصون

فـــي الطاقة العالية، إذ يؤلفون معا كلية غير مرئية، ويؤلف علماء البيولوجيا الجزيئية كليـــة أخرى، ويؤلف الباحثون الاقتصاديـــون النظريون كلية ثالثة. ويتجمـــع عدد من الكليات غير المرئية الصغيـــرة لتؤلف معا كليات كبرى، إذ يمكن لخمسة أو ستة تخصصات فرعية أن تنضم إلى بعضها لتؤلف - كمثال - الكلية غير المرئية للفيزيائيين. معنى هذا أن الكليات غير المرئية هي - إلى حد ما - المكافئ لأقســام الجامعة: الفيزياء واللغة الفرنســية والإنجليزية، وهكذا. وتؤلف معا ما أسميه الجامعة غير المرئية. لكن الجامعة غير المرئية، على خلاف نظيرتها، منظمة على نحو أفقي وفقا لمادة الدراسة.

جديـــر بالذكر أن كل عضو في الكلية مدين بالولاء لكل من الجامعتين. وأظـــن أن هذا كان موقف الباحثين منذ نشـــأة الجامعـــات أول الأمر في أواخر العصر الوســيط. ولقد كان هناك دائما قـــدر معين من التوتر بين الولاءين، نظـــرا إلى أن كلا من الجامعتين لهـــا مطالب مختلفة، ذلك لأن الجامعة المرئية معنية بتعليـــم الطلاب الذين التحقوا بها مثلما هي معنية بكل شيء، ابتداء من الألعاب الرياضية وحتى إصلاح المقررات الدراسية. لكن الجامعة غير المرئية على خلاف ذلك، إذ إنها معنية بشيء واحد فقط، هو البحث العلمي المتعمق.

وتمثل الحياة بهذه المطالب الانفصامية التحدي الأعظم للحياة الأكاديمية. ولكـــي نعرف لمـــاذا، حري بنا أن نتأمل واقع أن شـــهرة الجامعـــة تعتمد أولا وأساسا على شهرة أعضاء كل كلية على حدة. إن كل خبرات الحياة الأكاديمية الحديثة، الدعم المالي الفدرالي للبحث العلمي والدراســـات العليا، والمشاركة الفاعلـــة في البرامج الوطنية والدولية، والتنويه المحمود في المنشـــورات ذات المكانة، كل هذه الخبرات من فيض الشـــهرة. ولهذا تحرص الجامعات المنشأة حديثـــا والجامعات العريقة علـــى المحافظة على مكانتها فـــي هذا الاتجاه. ولذلك فـــإن الكلية ذات المكانة الرفيعة تجذب الأنظار، ويتودد الآخرون إليها بالحماس نفسه الذي نشهده مع الجولة الأولى لفريق الكرة القومي.

وحـــدث منـــذ الحرب العالمية الثانية تحول أساســـي فـــي العلاقة بين الجامعتين، في حدود ما يتعلق بقدرتهما على التأثير في سمعة كل منهما، وإن اســـتقر توازن القـــوى الآن - وبقوة - لمصلحة الجامعـــة غير المرئية.

وكذلك فإن الحكم على شـهرة أعضاء أي كلية إنما يتم فقط على أساس المشـاركة الجادة في الجامعة غير المرئية. لكن مصطلح الشهرة أو الموقف البحثي العلمي، ربما يبدو مفهوما غامضا يصعب تحديده بدقة. ومع ذلك فإنك إذا ما سـألت أعضاء الكلية غير المرئية فإنهم عادة يعطون تقييمات متماثلة لعضو آخر تماما مثلما يحدث مع أعضاء فريق رياضي، إذ يتفقون على شـخص يرونه المعبر عن زعامة أعضاء الفريق حتى إن لم يستطيعوا تقديم تعريف دقيق ومحدد للمصطلح.

وأيا كان التقييم الذي تنتهي إليه الكليات غير المرئية، فإن شيئا واحدا نـراه واضحا: التقييم هو كل ما يهم الآن في الجامعة الحديثة. إن أعضاء الكلية لكي يؤسسوا شـهرتهم في الجامعة غير المرئية يتعين عليهم إنجاز البحـوث ونشـرها، وكما يقول المثل السـائر «النشـر أو الاندثار». جدير بالذكر أن الوسـائل اللازمـة للبحث العلمي (مثل مِنـح البحث الفدرالية والزمالة وما شابه ذلك) تمنح وفق عملية معروفة باسم «الفحص الدقيق». وتُجتاز مقترحات البحوث الخاصة بأعضاء الجامعة غير المرئية (دون ذكر أسـمائهم عادة) في ضوء الفحص الدقيـق، وبفضل إثبات تقييم الجامعة غيـر المرئية على الطلب المقدم من صاحب المقترح. وهذه العملية نفسـها هـي أداة الحكم على ما سـوف يُنشَـر في الصحف العلميـة ذات المكانة المتميزة. ومن ثم فإن البحث الذي يجريه الباحث ومكان البحث، بل وإجازة نشره، كل هذا رهن حكم الجامعة غير المرئية.

وبدأت أهمية الجامعات غير المرئية تزداد منذ أواخر القرن التاسع عشر، وهـو الوقت الذي بدأ تحوُّل الجامعات فيه إلى مراكز بحوث وتنظيمها إلى أقسام. ومنذ ذلك التاريخ وهي تعمل كأنها - بدرجة أو بأخرى - في مرحلة تمهيدية معنية فقط بالبحوث العلمية، وهي في الحقيقة لا يمكنها أن تعمل بأسلوب آخر: إذ كيف يتسنى لإحدى الكليات في لندن أن تعرف، فضلا عن أن تُقيِّم، مهمة التدريس لأحد الأساتذة في كاليفورنيا؟ لكن وإلى أن حدثت الانتعاشـة الكبرى للبحث العلمي عقب الحـرب العالمية الثانية، كان تقييم الجامعـة غير المرئية يتوازن دائما مـع تقييم معادل له يصدر عن الجامعة المرئية. وتتضمن هذه المعادلة للتقييم، التي تتبنى على أساس واسع النطاق،

مــواد عديدة من مثــل التدريس والخدمات التي يجــري تقديمها للجامعة والمجتمــع المحلي. لكن اليوم تهيمن قيــم الجامعة غير المرئية على قرارات نظيرتها المرئية. ويمتد التأكيد على الشــهرة والبحوث العلمية بحيث يؤثر حتى في القــرارات الداخلية للجامعة المرئية الخاصــة بالتطوير والمكانة. وتنجز هذه العملية عادة لجنة تحمل اســم الترقي والتعيينات P&T. وأول شيء تســتهل به اللجنة عملها هو «استطلاع مصادر التوثيق الأولى، وهذه عبارة اختزالية تعني ســؤال عدد مختار من أعضــاء الجامعة غير المرئية لتقديم تقييم من دون ذكر الاســم عن موقف المرشــح بالنسبة إلى نظرائه. وطبيعــي أنه في حالة عدم وجود تعقيبات إيجابية من هذه المصادر يصبح الترقي أمرا غاية في الصعوبة في جامعة اليوم.

وتتصف اســتجابة الكليــة إزاء هذه الأمور بالعقلانيــة، وإن كانت مؤســفة، إذ لو أن الترقي والولاية والراتب ســوف تعتمد فقط - وإلى حــد بعيد - على الموقــف البحثي العلمي فإن هــذا يعني أن ما يتعين فحصــه هو فقط الموقف البحثي. ونظرا إلى أن الموقف البحثي تحدده الجامعــة غير المرئية فســوف تنجــز الجامعة غير المرئيــة كل الأمور والموضوعــات التي تخضع لتقييمها. وأي شــيء آخر أقرب إلى الفهم من هذه الاستجابة.

وللأسف فإن الســلوك الذي يفيد على أرجح تقدير الفرد من أعضاء الكليــة هو تحديد الســلوك الذي يفيــد على أدنى ترجيــح تعليم طلاب الجامعات قبل ســني التخرج. والملاحظ في الحقيقة على مدى الخمسين عامــا الأخيرة حالة من الفرار الجماعي من التدريس في كليات جامعتنا. وطبيعــي، وفــق ما يمكن أن يتنبأ به أي اقتصــادي أو عالم نفس أنه حين تنشأ منظومة لإثابة ســلوك معين ومعاقبة آخر فإن السلوك المثاب سوف يهيمن عمليا. ونلحظ في هذه الحالة أن إثابات الحياة الجامعية تتجه إلى مــن ينجحون فــي البحث العلمي، نظرا إلى أن هــذا هو مناط تركيز جل الجهد الأكاديمي. ونعــرف أنه في صيف 2007 أصدرت جامعة هارفارد تقريرا بشــأن ســيطرة هيئات التدريس في تلك المؤسسة بهدف التصدي للمبالغة في التأكيد على البحث، وهو الأمر الذي ناقشناه هنا. وعلق أحد

الفيزيائيـــين على الموقف الراهن بقوله: «أتمنى حظا ســعيدا لزملائي في هارفارد وإنجاز التوصيات الواردة في هذا التقرير الجديد، لكنني صراحة لست متفائلا جدا بشأن فرص النجاح» [1].

وكم هي عســيرةٌ المبالغة في تقييم الآثار الســلبية التي تركها التأكيد على البحوث وأضرت بالتدريس على المســتوى الجامعي. والمسألة حسبة بســيطة على أحد المستويات. اليوم به 24 ســاعة فقط، وطبيعي أن أي وقــت يخصصه الباحث الأكاديمي لتحســين التدريس هو بالضرورة وقت لا ســبيل إليه ليقضيه في عمل بحوث. وهــذه حقيقة تعترف بها صراحة أغلبية الجامعات. ونذكر على ســبيل المثال أنه في مطلع سبعينيات القرن العشرين تلقى أســتاذ مســاعد جديد بإحدى الجامعات الكبرى نصيحة صادقة الود من رئيس القسم الذي يتبعه، إذ قال له: «إذا قضيت أكثر من 10 فــي المائة مــن وقتك في التدريس فإنك بذلك ســتضر بفرص الترقي إلى أســتاذ». وحتى أكون أمينا تماما فإنني ســوف أقــدم النصيحة ذاتها لأي عضــو من أعضاء هيئات التدريس ممــن يلتحقون بأي جامعة اليوم. هذا على الرغم من أنني قد أرفع النســبة المئوية من 10 في المائة إلى 20 في المائة. وهذا ليس من قبيل الســخرية، بل مجرد تقييم بسيط لأسلوب المنظومة في العمل.

وجديــر بالذكر أن نظــام الإثابة الــذي وصفناه يعمل بــكل قوته في أقســام العلوم، وربما أكثر من أي مجال آخر. ونلحظ في الواقع أنه خلال العقدين الأخيرين حدث مزيد من الصقل والتشذيب بحيث لا يكون الحكم علــى أعضاء هيئة التدريس في الكلية على أســاس جودة البحث أو عدد المنشــورات، بل على أســاس كم الدولارات الممنوحة لأبحاثهم. أو لنقل - بعبارة أخرى - أنه أصبح ممكنا الآن في كثير من أقسام العلوم أن يتحقق شعار النشر أو الاندثار.

ونلحــظ أن الأغلبية العظمى من الجامعات تتحدث بلســان معســول عن أهميــة التدريس، لكن عنــد الأزمة تدرك الكليــة أن البحوث هي الأهم. وأشــهد أنني طوال خبرتي العلمية الأكاديمية لم أسمع أبدا عن أن أستاذا رُقي على أســاس التميز في التدريس، بينما ســجله البحثي يؤكد أنه غير

كاف. بيد أنني شهدت العديد من الحالات حيث العكس هو الصحيح، بمعنى أن الباحث الجيد يُرقى على الرغم من واقع أنه كارثة محدودة داخل قاعة الدرس. ويسعني الآن أن أتذكر ما حدث من تبادل للرأي في ختام اجتماع ممتد ومشحون بالضغينة عقدته لجنة الترقيات والتعيينات في إحدى الجامعات الكبرى، إذ أكد أحد الأعضاء أن الجامعة اشترطت التميز في كل من المنح الدراسية والتدريس. لكن عضوا آخر مؤرخا عازفا كثيرا عن الأسلوب المنمق في الحديث، وقد انتهى الاجتماع الطويل إلى خفض مستواه أكثر مما كان، انفجر في الحديث قائلا: «هذا [كلام خارج محذوف]. نحن نطالب بتميزهم في البحث وألا يسيء تدريسهم إلى سمعة البيت». ويبدو لي أن هذا تقييم منصف، وإن بدا فظا، للتقييم النسبي الذي نعزوه إلى الرسالتين الرئيسيتين للجامعة الحديثة.

وإذا كان تشوش القيم في وقت الترقي هو النتيجة الوحيدة الناجمة عن المبالغة في التأكيد على الموقف البحثي، فإن هذا سوف يمثل مشكلة، وليس كارثة بالضرورة، للتعليم الجامعي. وأن الأخطر هو الموقف الذي ينطوي على الازدراء تجاه التدريس والذي يشجعه الوضع الراهن. ويحدث كثيرا جدا ألا تقتصر النظرة إلى التدريس على أنه شر لا بد منه، واستغلال مؤسف للوقت في غير موضعه، وهو الوقت المخصص للبحث، بل وباعتباره نشاطا لا يمثل النجاح فيه دليلا واقعيا على عدم الملاءمة للحياة العملية الأكاديمية. وكثيرا ما يسمع المرء في زوايا وأركان بعيدة داخل نادي هيئة التدريس ثرثرات سوداوية عن زملاء حظيت مقرراتهم بأعداد كبيرة من الطلاب المتحمسين. ومناط الشك هنا هو أن المقررات لا بد من أن تكون جذابة نظرا إلى أن درجاتها قُدِّرت بسهولة، ومحتواها الفكري قليل.

ويوجد عمليا قدر ضئيل جدا من سياسة الجامعة الملتزمة بهذا الموقف، ولذلك أرى من الأفضل أن أتناول ذلك بالتوضيح. نلاحظ في الجامعات كقاعدة عامة أن عدد الطلاب المقيدين في قاعات الدرس بها يمثل أحد المؤثرات القوية لتحديد حجم القسم الأكاديمي. ويجري قياس هذا العدد على أساس ما يسمى إف. تي. إي. FTE (معادل التفرغ full-time equivalent). والملاحظ أن المعادلة التي تربط الطلاب بمعادل التفرغ معقدة وتتباين قليلا

من مكان إلى آخر. ولكنها بشـكل نمطي كما يلي: 100 المسـتوى الأدنى من الطلاب الجامعيين قبل التخرج، و30 المستوى الأعلى للطلاب قبل التخرج، أو 10 - 15 طالبا خريجا، وبذا يكتمل العدد الذي يبرر منصبا واحدا من أعضاء هيئة التدريس. (وإذا تساءل القارئ كيف يتسنى للجامعة أن تُقيِّم البحوث وتعلي من قيمتها على ما سواها بغير توزيع المناصب وفق عدد المقيدين، فإن كل ما يمكن أن أقوله «مرحبا بعالم الدراسات الأكاديمية العجيب»!).

وإذا ذهبت إلى العميد بشـأن وظيفة شاغرة وتعيين باحث بارع حديث التخرج فإن الشـيء الوحيد الذي يحرص عليه العميد هو النظر إلى عدد معادل التفرغ الذي يبرره عدد المقيدين. ونظرا إلى أن أقسـام العلوم تضم عـادة فئات صغيرة العدد، فإنها تشـعر غالبا بأنهـا في وضع غير موات إزاء مثل هـذا الموقف. معنى هذا أن العالم الذي يجذب أعدادا كبيرة من الطلاب تعلي الكلية من قيمته، نظرا إلى أن هذا العدد من الطلاب سوف يسـمح للقسم بأن يتقدم في أداء وظيفته البحثية. والعلماء بشر، ما يعني أن المرء سيكون موضع نظرة بها قدر من الشك (ولا بد أنه مقدم على عمل شيء ما غير صواب)، وكذلك موضع غيرة صريحة.

والملاحظ عمليا أن الأقسـام الأكاديمية لا تعلـي دائما وبالضرورة من قيمة أعداد القيد الضخمة، على الرغم من إسهاماتها لمعادل التفرغ الخاص بالأقسـام. وجدير بالذكر أن باحثا مشـهورا (ليس عالما بل محاضر نابه) في إحدى الجامعات الكبرى في الوسـط الغربي، وجد أن أعداد القيد في مقرره الدراسي تجاوزت 300. هنا ذهب إلى رئيس القسم يطالب بمساعدة إضافية في مجال السـكرتارية للحفاظ على قائمة القيد للدراسة. وتلقى الإجابة التالية: «لماذا لا تتشدد قليلا حتى ينخفض عدد المقيدين؟».

وكم هو مؤسـف أنه يكاد يكون من المسـتحيل المبالغة في تقييم حالة التدنـي التي وصل إليها التدريس في الجامعة الحديثة. ونعرف أن إعطاء الباحث عبئا خفيفا في التدريـس يمثل أعلى المكافآت قيمة من المكافآت تلـك التي تعطيها له إدارة الجامعة. وجدير بالذكر أنه في جامعات كثيرة، من أرفـع الجامعات مكانة، نـادرا ما يحظى الطـلاب برؤية عضو هيئة التدريس ذي الشـهرة الواسعة، هذا إذا حدث ودرس أصلا. إن مثل هؤلاء

يدرســون فقط لحلقات البحث الخاصة بالخريجين، التي ترتبط مباشرة بموضوعات بحوثهم هم. ويكفي أن نســأل أي طالب قبل التخرج عما إذا كان يتذكر آخر وقت شــاهد فيه عالما حائزا جائزة نوبل. وهكذا فإن أحد معالــم النجاح في الحياة الأكاديمية هــي أن تدرس عددا من المحاضرات أقل من زملائك.

وثمة حكايتان توضحان هذه الفكرة. عالم فيزياء مشهور (حصل أخيرا علــى جائزة نوبل) في إحدى المؤسســات قضى وقتا طويلا يشــرف على تجــارب في مختلف أنحاء العالم، حتى أنه كان يشــار إليه بعبارة «إنه في حالة ســفر». في المناســبات النادرة التي يعود فيها إلى قاعدته في بلاده ليدرس في حلقة دراسية للخريجين.

وفي جامعة أخرى نجد أحد كبار أســاتذة إحدى الكليات، الذي اعتاد أن يعبــر صراحة عن ســخطه بالتأكيد المبالغ فيه علــى البحوث والمكانة المتدنيــة للتدريس فــي جامعته المحلية، قدمت له مؤسســة أخرى عرضا مغريــا، وإذا بإدارته المحلية تقدم له عرضــا مقابلا تضمن من أهم بنوده عبئا تدريسيا منخفضا جدا.

وطبيعــي أن حالة التدني العام في التعليــم الجامعي أثرت في جميع مجالات الدراســة، ولكنها أدت إلى عدد مــن النتائج المختلطة في العلوم. وســبب ذلك أن مقررات دراسية كثيرة في أقسام العلوم مخصصة لتدريب علمــاء المســتقبل. لذلك من المألــوف أن نجد مقررات دراســية تمهيدية تســتهدف المتخصصين في العلم، ويتولى تدريســها كبار الأســاتذة ذوي الخبــرة. وهذه فــي الواقع ظاهرة تــكاد تكون عامة في أقســام الفيزياء المتقدمــة. ويعتبر تدريس هذا النوع من المقررات التزاما يقترن بالأقدمية، مثل مســؤولية العمل في اللجان. وحري بنــا النظر إليها باعتبارها ذروة التزام النبالة. وعلى الرغم من أن هناك دائما فرصة للتحسن فإن انطباعي أن تعليم علماء المستقبل في جامعاتنا في وضع جيد جدا.

ولكن حين يصل الأمر إلــى التدريس لغير المهنيين، فإن الحواجز التي تواجــه علماء الجامعة تبدو مروعة في الحقيقة. والملاحظ أن الأنشــطة التي تســتهدف رفع رصيد البلد من المعــارف الأولية العلمية غير مجدية

كثيـــرا من حيث ما تضيفه إلى بحوث أي امرئ كان. إنها لن تســاعد المرء على النشر، وغير معنية بطبيعتها بفئة التزام النبالة المسؤولة عن مقررات علـم «حقيقيــة». هذا فضلا عــن أنها يقينا لا تفيد مــن حيث ما يحققه البحــث من عائد مالي. ولنــا أن نقول في ضوء الموقــف الراهن: كم هي مجازفة نزقة فــي الحقيقة إذا ما عكف أعضاء هيئة التدريس على بحث المعارف الأولية العلمية.

وغنــي عن البيــان أن هذا الوضع مدمر، خصوصا فــي نطاق العلوم، وذلــك لأن الطــلاب ما لم تســتهوهم مقــررات العلوم الدراســية بفضل التدريــس الجيد فإنهم لن يقبلوا عليها طوعا. وإذا ذهب بك الظن إلى أن الجامعات سوف تحاول تخريج طلاب مثقفين علميا، بغض النظر عن حال جموع الطــلاب عند الالتحاق فإنها، على الرغم من ذلك، لن تفعل. ولهذا ظهر أخيرا بحكم الأمر الواقع حلف غير مقدس (وإن كان لاشــعوريا) بين أســاتذة العلوم والإنســانيات والطلاب. وخلق هذا الثالوث منظومة يمكن فيها للطالب أن يتخرج في الجامعة وهو لايزال غير مدرك لأهم الحقائق الأساســية عن العالم الفيزيقــي الذي نعيش فيه وعــن التكنولوجيا التي تصوغ حياتنا. وأقر بأنني في الواقع شــاهدت دراسات تشير إلى أن الثلث تماما من طلاب الجامعات بوســعهم الحصول على درجة البكالوريوس من دون أن يدرس أي منهم مقررا واحدا في العلم على الإطلاق.

إنني، لكوني عالما، أدرك جيدا الدور الذي قمت به أنا وزملائي في هذه القصة المؤســفة. كثيرا ما يتحدث العلماء عن تعليم العلم في هذه الأيام، لكنك إذا ما أنصت جيدا للحديث فسوف تكتشف أنهم في الحقيقة يناقشون مشكلة خلق وتدريب الجيل التالي من العلماء والمهندسين أو جذب الطلاب وتحبيبهــم في العلم. وســبق أن أوضحنا أن هذه مشــكلة ملحة وعاجلة، لكنهــا لن تفيد كثيرا في مجــال المعارف الأولية العلميــة. وحقيقة الأمر أنه خلال عملية تدريب دارســي العلم فإنه يلتقي مرارا موضوع الدراســة ذاتــه، حيث يكون كل اســتعراض تال أكثر إغراقا فــي الرياضيات وأكثر تعقيدا من الســابق عليه. مثال ذلك أن دارس الفيزياء يدرس أساســيات الكهرباء والمغناطيســية (مع اســتخدام الحد الأدنى من حساب التفاضل)

خلال السنة الثانية الجامعية، ثم يدرسها في المستوى المتوسط (مع حساب المتجهات) في الصف قبل الأخير، ويلتقيها ثالثا في صورتها الكاملة خلال حلقة النقاش في السنة الأولى بعد التخرج. ويرى كثيرون من العلماء أن المرحلة الأخيرة هي وحدها فقط «المادة العلمية الحقيقية»، وأن المرحلتين الأولى والثانية مرحلتان تمهيديتان مسموح بهما لأنهما تهدفان إلى إعداد طالب امتلك ناصية المادة الدراسية بكل تعقداتها.

إن تدريس الأفكار الرئيسية الخاصة بمهنتنا لدارس العلم العادي من دون عناصرها الرياضية الكاملة يمثل خروجا على القاعدة السوية للتعليم. وإن وصف ذلك بكلمة التخفيف يعني استخدام أكثر الكلمات تهذيبا في الوصف عادة. وهذا هو المقابل لعبارة تدريس «العلم الحقيقي» (وهو المصطلح المستخدم فعلا وراء الأبواب المغلقة). ويبدو الموقف على النحو التالي، وهو أننا ما لم ندرس العلم وفي تفكيرنا هدف محدد وهو تخريج علماء المستقبل - يكونون نسخا مصغرة منا - فإنه يغدو شيئا غير ذي قيمة. ويشعر علماء كثيرون، شأنهم شأن رجال الكهنوت أصحاب الأسرار، بأن سرنا الأعظم. وهو حقيقة أن أفكار العلم المهمة بسيطة - يجب الحفاظ عليه جيدا وإخفاؤه عن الآخرين. وأستطيع هنا في الحقيقة أن أتذكر أحد كبار علماء الفيزياء النظرية، وهو يعرض هذه الحجة ليبرر رفضه التعاون مع فريق تلفاز أراد إنتاج فيلم لمنظومة الإذاعة العامة.

لكن حتى إن حدث وواجهت أقسام العلوم موقفا عصيبا واضطرت إلى تقديم مقررات لغير المهنيين، فإن منظمة الجامعة تضمن أن تكون هذه المقررات مقسمة في أضيق الحدود. وهكذا نجد لدينا ظاهرة الفيزياء للشعراء، ومقررات الاستقصاء التي تفي بشرط العلم عن طريق توفير عملية التثقيف في فرع واحد من أفرع العلم. وطبيعي أن هذه المقررات الدراسية المجزأة إلى أقسام، شأن المقررات المناظرة في المدرسة الثانوية، تنتج طلابا أميين علميا في جميع مجالات العلم ما عدا مجالا واحدا. طلابا يعرفون شيئا عن الجيولوجيا ولا شيء عن الفلك، أو يعرفون شيئا عن البيولوجيا ولا شيء عن الفيزياء. ولا حاجة بنا إلى القول إن هذا النوع من التجزئة إلى أقسام لا يخلق طلابا قادرين على قراءة الصحف وفهم ما يقرأون.

وإذا انتقلنا من العلوم إلى الإنسانيات وجدنا أنفسنا إزاء موقف مختلف تماما. إننا قد نتوقع أن يقدم أصحاب الدراسات الإنسانية جوقة الاحتجاج الأعلى صوتا التي تحتج لأن أخاها العلمي أنكر عليها جانبا مهما من امتياز ميلادها الفكري. لكنك إذا تأملت الأمر فلن تجد شيئا من هذا أبدا. إننا نلحظ في بعض الدوائر الأدبية أن الجهل بالأمور العلمية ليس مقبولا فقط، بل يحمل صفة على النقيض تماما. وكما أوضحت في الفصل الرابع لو أن مهندسا لم يقرأ شيئا لشكسبير فإنه يعد في نظر الدوائر الأدبية غير مثقف، بينما لا نجد حكما كهذا على أستاذ للغة الإنجليزية الذي لم يقرأ شيئا على الإطلاق عن داروين. ونحن كثيرا جدا ما نصادف شعورا يتسم بالغرور مفاده أننا لو أغفلنا العلم ولا شيء آخر فسوف يغيب عن الأنظار ويدع لنا بقية العالم في حالة من الراحة.

وأخيرا، نصل إلى العضو الثالث من الحلف - الطلاب. إن طلاب الكليات يميلون، كما كانت الحال في المدرسة الثانوية، إلى تجنب العلم كلما أمكنهم ذلك، محتجين في هذا بأن المقررات الدراسية صعبة، وأن محاولة الإقبال عليها تعرض المرء على الأرجح لخطر الحصول على تقدير بدرجة متوسط (أو أن تتضمن الدراسة على الأقل عملا لا ضرورة له). وإذا حدث وأجبرتهم إحدى الكليات المستنيرة على دراسة قدر من العلم، فإنهم يبدأون البحث عن المادة التي تتطلب أقل قدر من الجهد في القائمة.

لهذا يقول العلماء إن تدريس العلم للجمهور العام أمر غير ذي جدوى. ويقول علماء الإنسانيات إنه غير جدير بالدراسة. ويقول الطلاب إنه صعب. وهكذا لا أحد يريد تدريس المقررات. لذلك كله ليس لنا أن نتساءل في دهشة: لماذا نجد عنوانا رئيسيا في صحيفة عن الهندسة الوراثية يثير خوف كثيرين من القراء؟

أساتذة منحة روبنسون: تطور مشجع

بعد أن فرغنا من هذه المناقشة المحبطة عن الحالة الراهنة للتعليم في أمريكا، أرى لزاما أن أختم الفصل بملاحظة تمنحنا مزيدا من الشجاعة، وذلك بالحديث عن برنامج تنفذه الجامعة التي أعمل فيها. نعرف أن

جامعة جورج ماسـون جزء من منظومة ولاية فيرجينيا. وتقع في ضواحي واشنطن العاصمة وتضم قرابة 3200 طالب، تجمع طلابي متباين عرقيا، وتجمع كبير من كبار المتعلمين الذين تتراوح أعمارهم تقليديا بين 18 و22 سـنة. وفي ثمانينيات القرن العشـرين قرر كليرانس جي. روبنسون، وهو رجل أعمال شغل، فترة، منصب أول رئيس لمجلس أمناء الجامعة، أن يترك قدرا من المال لتمويل أكثر من عشـرة أسـاتذة من رؤساء الأقسام. وسأل جورج جونسـون، رئيس الجامعة آنذاك، نفسه سؤالا بسيطا: «ما أضخم مشـكلة تعانيها الجامعـات اليوم؟». وكانت إجابته: واقع أن كبار أسـاتذة الكليات لا يدرسون للطلاب ممن هم في سن ما قبل التخرج.

واختار حلا للمشكلة بسيطا ومباشرا. وهو أنه أعلن أن رئاسة الأقسام الممنوحة سـوف يشغلها أسـاتذة ممن (1) ترسـخت أقدامهم في مجال بحوثهم العلمية، (2) لديهم سجل واضح يؤكد الاهتمام والنجاح في مجال تعليم الطـلاب الجامعيين قبل التخرج. وتراوحـت مجالات خبرة الفريق الـذي جمعه ما بين تاريخ الفن وحتى البيولوجيا الجزيئية، وكان لي امتياز العمـل ضمن هذا الفريق أسـتاذا للفيزياء بمنحة روبنسـون. ويلتزم هذا الهدف بمعيار منظومة اختيار هيئات التدريس على أساس قاعدة البحوث العلميـة. ويمثل هذا الهدف إحدى السـبل لمعالجة المشـكلة التي حددت معالمهـا في هذا الفصل، وهي طريقة أعرف من خبرتي الشـخصية أنها مثمرة. وإني على يقين من توافر طرق أخرى مماثلة.



10

أهداف تعليم العلم

أكدت على طول صفحات هذا الكتاب المعارف الأوليـــة العلمية باعتبارها الهدف الرئيس للتعليم لغير المتخصصين، والتزمت الصراحة في تحديد ما أعنيه بالمصطلح. بيد أنني عند هـــذا الحد أجد لزاما عليَّ أن أوضح حقيقة واقعـــة، وهي أن كثيرين آخرين لديهم تعريفات مختلفة للهدف من تعليم العلم للمواطنين عامة. ونظرا إلى أن أســـلوبنا في تعريف أهدافنا من شأنه أن يحدد نوع المنظومة التعليمية التي سنضع تصورنا لها ونصوغهـــا، فنحن في حاجة إلـــى أن نفكر في هذه الأســـاليب البديلة في تناول المشكلة، وسوف أدفع في النهاية بأن التعريف الذي يتوخى البســـاطة، مثل التعريف الذي قدمته، لن يفضي بنا فقط

«نحن نريد أن يكون المواطن المتوســـط قادرا على التعامل مع الجانـــب العلمي للقضايا العامـــة. وبمســـتوى الأهلية نفســـها التي يتعامل بها في المجالات الأخرى»

المؤلف

إلى المخطط التعليمي المجدي الذي يهدف إلى تحقيق المعارف الأولية العلمية، بل إنه سوف يتلاءم على نحو عميق مع ما شهدته العلوم من وقائع وإنجازات على مدى العقود الكثيرة الماضية.

هدف الثقافة العلمية

أعيد هنا التعريف الإجرائي لمعنى الثقافة العلمية والمعارف الأولية العلمية الذي أثبته في الفصل الثاني، وذلك لمن شاء الرجوع إليه:

> **المعارف الأولية العلمية هي إطار المعارف اللازمة للمرء لكي يفهم ما يلزم عن الكون الطبيعي حولنا، وحتى تتسنى له معالجة القضايا التي تعرض لنا في أفق حياتنا، سواء في الصحف أم في غيرها.**

ينبني هذا التعريف بالكامل على اعتبارات خاصة بأسلوب المواطن المتوسط عمليا في استخدام العلم. إنه مثلما هو في حاجة إلى معرفة ما يكفي من علم الاقتصاد لقراءة مقال عن تشريعات ضرائبية، وما يكفي أيضا من قانون لقراءة ما تعرضه الصحف عن قضية معروضة أمام المحكمة العليا، كذلك هو في حاجة، على سبيل المثال، إلى معرفة معنى الخلايا الجذعية الجنينية حتى يتسنى له تكوين رأي قائم على معلومات عن مختلف القضايا الأخلاقية المحيطة به. وهذا هو ما سميته برهانا من حياة المواطنين في الفصل الثالث. ودفعت في الفصلين الرابع والخامس بأن العلم يمثل جزءا جوهريا من الثقافة التي نعيشها، وبأن قدرا أساسيا من فهم العلم يمكن أن يضيف مزيدا إلى خبرتنا الجمالية بالعالم الذي حولنا.

وجدير بالذكر أن القسمة الجوهرية المشتركة بين جميع هذه الحجج هي أن نمط المعارف اللازمة للمواطنين المتوسطين مختلف تماما عن المعارف اللازمة للحياة العملية للعلماء أو المهندسين. إذ إنه لا يتضمن القدرة على ممارسة العلم أو (كما سوف أؤكد بوضوح وبالتفصيل فيما يلي) القدرة على معالجة المعادلات الرياضية. وسوف أعرض في الفصل الثاني عشر معالم برنامج تفصيلي للمعارف الأولية العلمية. بيد أنني يمكن أن أقول الآن إنه مؤسس على فهم عام للمبادئ الأولية الأساسية التي يعمل على أساسها العالم الفيزيقي. معنى هذا أن المثقفين علميا، أي من توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية،

سـوف يعرفون أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى. من أشـعة شمسـية إلى تيار كهربي على سبيل المثال. بيد أنهم لن يكونوا بالضرورة قادرين على تحليل ملاءمة مزيج خاص من أشـباه الموصلات لبناء خلية فولطائية ضوئية Photovoltaic cell، أي خلية قادرة على إنتاج جهد كهربي عند تعرضها لطاقة مشعة. وليس ضروريا أيضا أن يكونوا قادرين على حساب عدد الخلايا اللازمة لتحل محل محطة توليد تقليدية.

علاوة على هـذا فإنه مع اطراد تعقد العلم ذاته، ومع ازدياد تشـابك وتداخل الدراسـات التي يعرضها (وهو موضوع سـأعود إليه في الفصل القادم) تصبح مناهج تعليم العلم التقليدية غير ملائمة أكثر فأكثر. وليس ثمـة جديد فيمـا يتعلق بالقاعـدة المعيارية (وضع الفـرض واختباره، ثم الاسـتنتاج) الخاصة بتعليم المنهج العلمي، التي من شأنها أن تعد الطالب من بعد للتعامل مع أحدث تقرير صادر عن الفريق الحكومي الدولي المعني بتغيـر المنـاخ. ومن ثم فإن مفهـوم المعارف الأوليـة العلمية لا يمثل فقط أسـلوبا جديدا في تناول موضوع تعليم العلم للجمهور العام، بل الأسـلوب الوحيد الذي يمكن به إعداد الطلاب للعالم الذي سيجدون فيه أنفسهم.

أهداف بديلة

موريس شاموس وأسطورة المعارف الأولية العلمية

عرض عالم الفيزياء الراحل موريس شاموس من جامعة نيويورك، في كتابـه الصادر فـي العام 1995، واحدة من أولى المناقشـات التي تناولت موضـوع المعارف الأولية العلمية. لذلك، ولهذا السـبب، لنا أن نعتبر كتابه هذا بمنزلة نموذج إرشادي للفهم العام في هذا المجال.

مايز شـاموس بين ما سماه معارف أولية ثقافية ووظيفية ومعارف أولية علميـة حقيقية. ويعزو الأولى إلـى إي. دي. هيرش والأفـكار عن المعارف الأوليـة الثقافية أو محـو الأمية الثقافية التي ناقشـتها في الفصل الثاني. ويعـزو الثانية إلى جـون ميللر (انظر الفصل السـادس)، بينما يحتفظ في تواضع بالثالثة لنفسـه. ولكنني للأسف سوف أدفع فيما يلي بأنه أساء على نحـو خطير فهم كل من هيرش وميللر، ولهذا فإننا لن نفيد كثيرا من تمييزه

الذي قال به بين الأولى والثانية. بيد أن تعريفه لمعنى المعارف الأولية العلمية الحقيقية يكشف عن اتجاه نراه كثيرا جدا بين المشتغلين بالعلم (خصوصا بين زملائي من الفيزيائيين) وسيمثل منطلقا جديدا لمناقشتي الأهداف.

المشكلة الأساسية بالنسبة إلى طريقة شاموس وآخرين في تناولهم موضوع تعليم العلم هي أنهم فيما يبدو يرون أن شخصا ما يكون «حقا» مثقفا علميا في حالة واحدة فقط، وهي إذا كان قادرا على الوصول إلى نتائج مستقلة بشأن القضايا العلمية مستخدما نوع الاستدلال العقلي ذاته الذي يستخدمه العالم المهني. معنى هذا أن مجرد امتلاك خلفية أساسية تمكنه من قراءة مقال في صحيفة ليس كافيا في نظرهم. وواضح أنهم في رأيهم هذا يرددون صدى مقولة جون ديوي عن «العقل ذي العادات العلمية» من دون الاعتراف، كما اعترف ديوي ضمنا، بأن مثل هذا الهدف يلائم فقط النخبة من المتعلمين. ونظرا إلى أن هذا الموقف يظهر على السطح المرة تلو الأخرى في الحوار بشأن تعليم العلم، فليسمح لي القارئ بأن أخصص هنا بعض الوقت لمناقشته.

كتب سير بيتر ميداوار الحائز جائزة نوبل ما يلي في كتابه «جمهورية بلوتو» الصادر في العام 1982:

> **ولكن هذا أمر مفهوم أن العلماء ذوي المستوى الرفيع. مثل علماء الفيزياء النظرية. يعبرون من وقت إلى آخر في هدوء عن آراء تحكمية بشأن إدارة البحث العلمي، بينما الباقون منا ينصتون في صمت يشوبه الاحترام**[1].

إن ما يسخر منه ميداوار في رسالته هذه هو ظاهرة أشير إليها عادة تحت عبارة «غطرسة علماء الفيزياء». (وأقول من باب التسجيل إنني تدربت لأكون فيزيائي جسيمات نظريا، وعملت ضمن هذا المجتمع البحثي إلى أن أكملت ترقيتي إلى أستاذ، وبذا لي الحق في أن أعقب على هذه الظاهرة). وأحسب أن المشكلة هي أن الفيزياء التقليدية علم مسرف في نزعته الاختزالية، حيث يرى الفضيلة الأعظم هي القدرة على إزاحة التناقضات وصولا إلى البساطة الجوهرية للطبيعة. وهذه متابعة بحثية تثير الإعجاب أفضت إلى رؤى نافذة عظمى، الواحدة تلو الأخرى، على مدى قرون. ولكنها تنزع إلى خلق حالة ذهنية لعقل تتوافر فيه قدرات من نوع مميز، خصوصا القدرات الرياضية اللازمة لمتابعة البحث، والتي تعلي من قيمتها كثيرا جدا من دون سواها من قدرات تعتبرها قدرات عابرة.

ونحن، في الواقع، في وسعنا أن نستخدم موقفا شخصيا من الرياضيات بوصفه نوعا من التشـــخيص لمعرفة توجهه إزاء المعـــارف الأولية العلمية. وإليك ما قاله شاموس في هذا الصدد:

ليس من الواقع في شـيء الاعتقاد أن في إمكان المرء تقييم الآفـاق الواسـعة للعلم مـن دون أن ندرس أولا الـدور الذي يؤديه الاستدلال العقلي الرياضي في هذا المجال[2].

وإن هـــذا الموقف القائل: «لزم علي أن أتعلم قدرا من الرياضيات الصعبة حتى يتســنى لـــي امتلاك ناصية مهنتي، وباســم الرب عليــك أنت أيضا أن تتعلمه» يذكرني بموقف المجتمع الطبي تجاه الممارســة المثيرة للسخرية بجعل طلاب الداخلية يعملون 36 ساعة فترة عمل مستمرة (تمر ابنتي بهذا الطقس الانتقالــي وأنا أكتب هذا الكلام، وبذلك فإنني أتخذ مجلســا قريبا جدا من العمليــة). وطبيعي أن وجــه الاختلاف هو أننا لن نجــد طبيبا يدفع بأن كل مواطن عليه أن يقضي فترة تشبه المدرسة الطبية إذا كان يريد أن يقرأ القسم الخـــاص بالصحة في الصحيفة. هذا بينما ســمعت فيزيائيين يؤكدون أن كل من يريد قراءة شيء عن العلم فإن عليه بالضرورة أن يدرس حساب التفاضل والتكامل على المستوى الجامعي.

وغني عن البيان أن مثل هذا الاتجاه يفضي إلى نتائج مؤسفة في مجال تعليم العلم لأنها تنبني على فكرة ناقشــتها في الفصل التاسع، وهي أن كل ما يتعين تدريســه هو فقط الشيء المثمر الحقيقي داخل قاعة الدرس، وأن يكون الطلاب على الطريق المؤدية إلى الحياة العملية في العلم من دون أي شـــيء آخر. إنــك إذا حددت هدف تعليم العلم بتكويــن أفراد قادرين على إعادة إنتاج نوع الاســتدلال العقلي الذي يســتخدمه العلماء بغية الوصول إلى اســتنتاجات مستقلة بشأن القضايا موضوع البحث، فإنك يقينا سوف تنتهي إلى مشورة يائســة على نحو ما فعل شاموس. إنه في حالته استنتج أن الشــخص المتوســط لن يكون قادرا على فهم العلم فهمــا كافيا بحيث يكــون في مقدوره اتخاذ قرارات مهمة. وإنه بذلك يظهر في صورة محكمة علــم، العمل معها غير مجد تمامــا، فضلا عما في رأيه من إيحاء مناقض للديموقراطية. وعلى أي حــال، وكما أوضحت في الفصل الثاني، لا معنى

لأن ننكـــر على الطلاب فوائد العلم لأنهم لا يعرفون الرياضيات تماما، كما لا معنى لأن ننكر عليهم حق قراءة رواية «الحرب والسلام» لأنهم لا يعرفون اللغة الروسية.

وأجد لزاما عليَّ أن أقول إنني اعتدت دائما النظر إلى الفكرة القائلة بأن دورك هـــو فقط التدريس لأولئك القادرين على الوصول إلى المعايير المهنية باعتبارها نوعا من الهرب من المسؤولية، أي سبيلا لتجنب المشكلات الحقيقية التي تواجهنا بوصفنا معلمين. وحري بنا أنه بدلا من تحديد معايير عالية ومستحيلة تسلمنا إلى اليأس أن نفكر إلى أي مدى نســتطيع أن نمضي بطلابنا الذين ندرِّس لهم فعليا. وهذه نقطة ســـوف أعود إليها فيما يلي. إنني في أسوأ لحظاتي تشاؤما أفكر أحيانا إلى أي مدى كان يمكن أن تكون حياتي سهلة يسيرة لو أنني اعتدت أن أدرس فقط لأفضل الطلاب في الصفوف الخاصة بي، وأصف الباقين بأنهم ميئوس منهم، وأعزو حالتهم إلى نوع من الإهمال في التعليم.

وبعـــد أن فرغت مـــن هذه النقاط ليســـمح لي القارئ بـــأن أعود إلى شاموس وكيف أخطأ في فهم هيرش وميللر. وحيث إنني شاركت شخصيا في كل من هذيـــن البرنامجين فإن للقارئ أن يـــرى أن الفقرتين التاليتين محاولة مني للنهوض وصولا إلى نقطة تمثل امتيازا شخصيا.

يكرر شاموس الخطأ الشائع المتمثل في تصور أن المعارف الأولية الثقافية لا تتألف سوى من قائمة من البنود التي يتعين استظهارها، وهذا فهم خاطئ سبق أن تناولتـــه في الفصل الثاني. إنني إذا قرأت وصفه للمفهوم، وهو وصف بعيد كل البعد عن الموضوع، لا يسعني غير أن أخلص إلى نتيجة محددة وهي أنه لم يقرأ الكتب بعناية، أو لم يجر أي مناقشات جادة مع أي من المشتغلين في المجال (هذه النتيجة يدعمها ارتكابه خطأ فادحا تمثل في الإشـــارة إلى هيرش باسم إدوارد، وهو اســـم لم يستعمله قط). وإذ أخاطر بتكرار ما قُلتُ، أراني مضطرا إلـــى بيان أن المعارف الأولية الثقافية تمثل عمليا خليطا من الكلمات والمفاهيم والروابـــط والصور والأفكار، وهي أبعد مـــا تكون عن وصفها بقائمة جافة من المصطلحات يتعين استظهارها قدر المستطاع. وإنني أتحدى أي شخص أن يقرأ بعناية 1380 صفحة، هي مدخلات العلم في قاموس المعارف الأولية الثقافية، ويؤكد أن أيا من الناس استوعب هذه المادة ليس مثقفا علميا.

ويصدق الأمر نفسه على أخطائه في فهم جون ميللر. اشتكى من أن ميللر لا يحدد واقعيا ما يعنيه بعبارة المعارف الأولية العلمية. ولكن، وكما أوضحت في الفصل السادس، هناك تعريف إجرائي شديد الوضوح مبين في صورة قواعد إجابات عن أسئلة تضمنتها الدراسة الاستقصائية التي أجراها ميللر. وزعم شاموس أيضا أن ميللر يتبنى تعريف إما. أو الخاص بالمعارف الأولية العلمية بينما توجد في الواقع سلسلة متدرجة الدرجات للتصنيفات تتراوح بين «جيد المعلومات» و«جيد المعلومات نسبيا»، ثم ما هو أدنى مستوى. علاوة على هذا ينشر ميللر في أوراق بحثه النتائج الكاملة لدراساته الاستقصائية في تفصيل كاف بحيث إن كل من شاء تجاوز مخططه التصنيفي أمكنه ذلك بسهولة.

الفيزياء أولا

الولايات المتحدة سعيدة الحظ إلى أقصى حد لأنه، من حين إلى آخر، يقرر أحد الفائزين بجائزة نوبل الإفادة بمركز المراقب بغية تحسين المنظومة التعليمية. وكما لنا أن نتوقع من شخصيات لها مثل هذا المستوى الرفيع من التحصيل، فإن هؤلاء العلماء لهم وجهات نظر متميزة وفريدة بشأن تعليم العلم ويعمدون إلى مراجعة إنجازاتهم. وهذا يعطينا فكرة جيدة عما يحدث حينما يوجه علماء لهم مثل هذا المستوى الرفيع اهتمامهم إلى هذا المجال.

وأول من أقدم على هذا في العصر الحديث هو ليون ليديرمان الذي كان وقتذاك يشغل منصب مدير معمل فيرمي Fermi National Accelerator Laboratory خارج شيكاغو، علاوة على كونه عضوا في هيئة التدريس بجامعة شيكاغو. ويتصف ليديرمان بأنه شخص نحيل الجسم، بشوش مع هالة من الشعر الأبيض، وومضة بريق لا تفارق عينيه. وعلى الرغم من مكانته في المجتمع العلمي، فإنه يتصف بالحذق والقدرة على العيش في بيئة غير عدوانية، حتى أنني أظن أنه كان في شبابه ساخرا وصاحب دعابة. وبعد حصوله على جائزة نوبل في العام 1988، لقاء إنجازه في مجال فيزياء الجسيمات التجريبية، قرر أن يرى ما الذي يمكن أن يفعله لخدمة تعليم العلم. كان النظام التعليمي العام في شيكاغو يعاني أزمات قاسية كما هي حال كثير من مدارس الحضر. وعلق على هذا في سخرية فكهة قائلا: «إن لم يكن هو النظام الأسوأ في بلادنا، فإنه يوشك أن يكون كذلك، ولهذا فإن الأمر غير مهم».

تميز منهجه بالبساطة والمباشرة. وقال ذات ليلة لفريق منا: «الشيء الجميل في جائزة نوبل أنها تسمح لك بالدخول إلى مكتب أي إنسان. لمرة واحدة». واستخدم ليديرمان إذن الدخول هذا لإقناع عدد من الشركات الكبرى التي مقرها في شيكاغو، وكذا عدد من المؤسسات المختلفة التي لا تهدف إلى الربح، وعدد من الولايات الحكومية، لوضع برنامج يجري تنفيذه في أثناء ساعات العمل من أجل معلمي العلوم في شيكاغو. وتقرر، لأسباب لم أفهمها أبدا، أن يكون المقرر في معهد إيلينوي للتكنولوجيا على بعد نحو 20 كتلة سكنية من المؤسسة التي يعمل بها في جامعة شيكاغو. واستهدف البرنامج تحسين وضع المعلم وتمويل بدائل بحيث يمكن للمعلمين أن يشاركوا ويتفاعلوا مع العلماء المشتغلين في المكان، والعمل بوجه عام على تحسين خلفياتهم الأساسية في المواد الدراسية التي يدرسونها. وحقق المشروع نجاحا ما شجع ليديرمان على المضي قدما ليكون القوة المحركة لتأسيس أكاديمية الرياضيات والعلوم لولاية إيلينوي، وهو معهد به مكان مخصص للإقامة ويقع بالقرب من مختبر فيرمي لاب الذي يقدم للطلاب الموهوبين للغاية تعليما رفيع المستوى في العلم.

وجدير بالذكر أن ليديرمان اتبع في كل من المشروعين الخطوات نفسها التي حددتها لجنة دراسة العلوم الفيزيائية (انظر الفصل الثامن)، علاوة على جهود إضافية لتحسين تعليم العلم ركزت على توفير أفضل تعليم ممكن لعلماء وتقنيي المستقبل. وإذا حدث مثلما حدث في الجهود المبذولة في مدارس شيكاغو العامة، وأدى هذا إلى زيادة المعارف الأولية العلمية، فإنه أمر جيد، غير أن المعارف الأولية العلمية لم تكن هدفه الأول.

ولكن لأن ليديرمان رجل لا يليق به إلا هذا الأفق الواسع والمواهب المتميزة، فكر في طبيعة المدركات العامة عن العلم وطريقة تعليم الجميع العلم في المدارس. وتمثل أهم إسهاماته في الجانب الثاني في فكرة مقرر دراسي تلخصه عبارة «الفيزياء أولا». معنى هذا أن المقرر الدراسي المعمول به الآن الذي يبدأ عادة بعلم الأحياء (البيولوجيا) يتعين قلبه رأسا على عقب بحيث يجري تدريس البيولوجيا فقط بعد إرساء أساس مكين من الفيزياء والكيمياء. وإذا عرفنا أن علماء البيولوجيا يركزون الآن كثيرا على العمليات الجزيئية فإن هذا النهج يصبح مفهوما من وجهة النظر العلمية.

وأدرك إلى أي مدى تستهوي هذه الفكرة الطلاب القدامى. والحقيقة أن المنهج الدراسي الذي وضعته بشأن المعارف الأولية العلمية يلتزم - إلى حد ما - بهذا المخطط. والفكرة هي أن نبدأ بـ «الفيزياء» البسيطة ثم ننتقل منها إلى «البيولوجيا» المعتمدة. ولكن النهج التقليدي على العكس، إذ يبدأ بعلم «البيولوجيا» المألوف، وينتقل إلى «الفيزياء» المجردة. ونعرف أن منهج «الفيزياء أولا» له ميزة اتباع التاريخ الفكري البشري، حيث الأفكار الأبسط (مثل حركة القذيفة) تُحلُّ أولا، ثم المشكلات الأكثر تعقدا (مثل الكيمياء الخلوية) بعد ذلك بفترة. وهذه فكرة جديدة، ولهذا لا تتوافر لنا معلومات كثيرة عنها. ولكن إذا كان لزاما عليّ أن أُعمل عقلي تخمينا أقول إن نهج «البيولوجيا أولا» ربما يكون ملائما للمدرسة الابتدائية، وربما أيضا للمدرسة المتوسطة، بينما «الفيزياء أولا» ربما أنسب للمدارس الثانوية ولمؤسسات التعليم العالي.

نريدهم أن يفكروا مثلنا

كان كارل ويمان يعمل في المعهد القومي للمعايير والتكنولوجيا في بودلر، وهو الآن في جامعة كولومبيا البريطانية، وقد حصل على جائزة نوبل في العام 2001 لإنتاجه أول مثال لظاهرة تسمى Bose-Einstein condensate، وهو تنظيم خاص للذرات في درجات حرارة منخفضة جدا. وثمة قصة طريفة عن زيارة قام بها ويمان إلى الحرم الرئيسي للمعهد القومي للمعايير والتكنولوجيا قرب واشنطن لكي يوجه حديثا في قاعة مكتظة من معاونيه وزملائه وضيوفه. تحكي القصة كيف احتفوا به عند استقباله وغنوا له أغنية يجري لحنها على لحن أغنية بيبي فيس Baby Face. غنى الحضور معا في محاكاة لحركة كرة تقفز على الشاشة، إن الفيزياء ليست دائما علما جافا وشكليا.

وكان ويمان، مثله مثل ليديرمان، مهتما اهتماما أساسيا بتحسين المقرر الدراسي الرسمي للعلوم، على الرغم من أنه في حالته هذه تركز اهتمامه على المناهج الدراسية لتدريس العلوم لغير المشتغلين بالعلم. ويمكن القول بمعنى ما إنه يتبع جهود الفيزياء للشعراء التي سبق أن ناقشناها في الفصل الثامن. وقد رصد قدرا كبيرا من جهده لتحسين طرق التدريس عن طريق

التكيـف مع التكنولوجيـا الحديثة (من ذلك جمع الطـلاب في قاعة درس كبيـرة للإجابة - عن طريق جهاز الكليكر - عن سـؤال يطرحه المحاضر). وطبيعي أن حافزه إلى ذلك واضح شديد الوضوح. والسؤال هو: لماذا يقضي وقتا طويلا جدا لتعليم التقنيات؟ وإجابته «نريدهم أن يفكَروا مثلنا»!

وأفترض أن هذا يمثل خط الأسـاس بالنسـبة إلى كثيرين من العلماء عندما يشـاركون في التدريس بطريقة متميزة، سـواء حصلوا على جائزة نوبـل أو لا. وواقع الأمر أن الفـارق الرئيس بين مثل هؤلاء العلماء ينصب على سـؤال عمـا إذا كان الهدف ممكن التحقـق أو لا. هناك البعض من أمثال شاموس شـكاكون وينتهون إلى نتيجة سوداوية. وهناك آخرون، من أمثال ويمان، إيجابيون يحدوهم أمل كبير. ولكن الهدف واحد في النهاية: تحويل كل امرئ بطريقة سحرية إلى صورة مصغرة منا.

لماذا ينبغي أن يفكروا مثلنا؟

عندمـا يزداد الإلحاح على هذه النقطة فإن الأغلبية من المسـؤولين عن إدارة برامج كبرى لتعليم العلم يعودون واقعيا إلى حجة وحيدة. يقولون نحن نعيش في اقتصاد ركيزته المعرفة، وعالم بقاء الأمم فيه رهن البراعة الفائقة التكنولوجيـة. ومن ثم فإن نظامنا التعليمي لا بد من أن يوفر القوى العاملة اللازمة لإشباع حاجة التكنولوجيات الحيوية. المعلوماتية اللازمة للمستقبل، إذ هذا أو أن يكون البلد مآله إلى التدهور والانحسار من دون رجعة.

وكم هو عسير المحاجاة مع وجهة النظر هذه. نحن بكل وضوح في حاجة إلى خلق قوى عاملة مؤهلة علميا في تلازم مع حركتنا إلى المسـتقبل. ولكن ثمة ميلا إلى طمس هذا الفارق في هذه المناقشات. وطبيعي إذا كان الهدف هو تدريب جيل جديد من المهندسـين والعلماء والفنيين إذن فنحن نريد أن نعلـم الناس كيف يعمل العلم. وإذا لم تكن ثمة أهمية لبيان كيف سـيصبح الاقتصاد مؤسسـا على التكنولوجيا، فإنه ستظل هناك حقيقة واقعة وهي أن أغلبيـة الناس لن يكونوا أبدا في حاجة إلى ممارسـة العلم تطبيقيا في حياتهـم بغيـة العيش. بيد أن كل امرئ سـيجد لزاما عليـه أن يؤدي دوره بوصفه مواطنا، ومن ثم سـيكون في حاجة إلى أن يكون مثقفا علميا عارفا

بأولويـات العلـم لكي يؤدي دوره على نحو صحيـح. لذلك فإن من الأهمية بمكان التمييز بين متطلبات المجموعتين من السكان. وهنا فيما أعتقد تبرز بوضوح الحجج المؤيدة للثقافة العلمية المرتكزة على معرفة الاقتصاد.

وحقيقة الأمر أن ليس واضحا تماما أن التفكير «مثلنا» يمثل عونا كبيرا في التعامـل مع القضايا العامة. وأعيد ما قلته فـي الفصل الثالث، إن كم المعلومـات التي يحتاج إليها المواطن للمشـاركة في حوار عام قليل جدا. لا يقـارن أبدا بمعلومـات الاختصاصي العلمي. وأوضحـت كذلك أن العلماء خارج مجال تخصصهم البحثي لا يكونون عادة أكثر ثقافة علمية من المواطن المتوسـط جيد المعلومات. لذلك يبدو لي أن نهج «يفكرون مثلنا» لا يفيد في الواقع إلا قليلا جدا في سبيل تطوير ونشر المعارف الأولية العلمية.

أنواع الذكاء السبعة

ولكـن ثمة وجها آخر لوجهة نظر «يفكرون مثلنا»، وهـو وجه أراه صعبا. إذ يحدث أحيانا في لحظات الاكتئاب أن أتساءل عما إذا كان نمط الفكر العقلاني النقدي التحليلي المميز للعلم هو نمطا في أساسه غير طبيعي، وأنه بطريقة ما خارج منطق التزامن مع العمليات العصابية البشـرية. التقيت في حياتي طلابا كثيرين. من ذوي الذكاء المرتفع الذين أبدعوا في مجالات كثيرة. ولكن يواجهون صعوبة قصوى في «التفكير مثلنا». وجعلني هذا أتشكك في احتمال وجود صعاب غير متوقعة عند محاولة تحويل كل امرئ إلى عالم. أدرك أنني قاصر في أنواع معينة من المهارات الذهنية (من مثل تقييم الألوان والحساسية تجاهها)، وأعتقد أنه ليس من سبيل عمليا للتغلب على أوجه القصور هذه مهما كان كم التعليم. وهذا هو السبب في أنني أطلب إلى زوجتي أن تنتقي لي ملابسي عندما أعتزم الخروج والظهور أمام الناس. وأتخيل أن نمط التفكير العلمي غريب على الآخرين شأن الألوان بالنسـبة إليَّ. ووجدت أن إدراكي مظاهر القصور عندي يساعدني على التعاطف مع الطلاب الذين يعانون في دراستهم للعلم.

وفي العام 1983 نشر صديقي هوارد غاردنر، من جامعة هارفارد، نظرية عن أنواع الذكاء المتعددة. ووضع قائمة أولية تضم سبعة أنواع للـذكاء، على الرغم من أنه وسـع القائمة بعـد ذلك. ونجد في هذه

القائمة أن الاستدلال العقلي التحليلي ليس سوى نوع واحد فقط من الذكاء. ونقول من باب التسجيل إن أنواع الذكاء السبعة التي قال بها هي:

- لغوي (ذكاء كلمة).
- منطقي . رياضي (ذكاء العدد والاستدلال العقلي).
- مكاني (ذكاء الصورة).
- جسدي . حركي (ذكاء الجسد).
- موسيقي (ذكاء النشاط الموسيقي).
- العلاقات بين الناس (ذكاء اجتماعي مع الناس).
- ذكاء مع الذات (ذكاء خاص بالذات).

نجد من بين هذه الأنواع أن الثاني فقط، وربما يؤكد البعض أن الثالث أيضا، يسهمان في العملية العلمية. وإذا تصورنا أن الفئات التي ذكرها غاردنر تحدد نوع الذكاء ذي الأبعاد السبعة إذن فإن كل شخص له نوع ما من الدرجات التي يحصل عليها عن كل فئة. كذلك فإن من يحصلون على درجات مرتفعة في مجال ما يمكن أن يحصلوا على درجات أدنى في مجالات أخرى. وهذه حقيقة واقعة عبر عنها بشكل رمزي كثير جدا من الأنماط المشتركة. ومن ثم فإننا حين نلتقط - على نحو تعسفي - أنواع الذكاء الملائمة للعلم ونقول إن على كل شخص أن يتميز فيها فإن هذا في تقديري لا يفيد معنى جديدا أكثر من اشتراط أن يؤلف كل امرئ سيمفونية أو أن يصبح راقصا محترفا. ذلك أن العالم لا يمضي على هذا النحو.

أحسب أن كل هذا يعيدني إلى التعريف الذي أثبتُّه في مستهل الفصل لمعنى المعارف الثقافية العلمية. نحن نريد أن يكون المواطن المتوسط قادرا على التعامل مع الجانب العلمي للقضايا العامة، وبمستوى الأهلية نفسها التي يتعامل بها في المجالات الأخرى. ويقودنا هذا إلى السؤال التالي، وهو سؤال حتمي: ما كم العلم اللازم لتحقيق هذا الهدف؟

نجد أنواعا مختلفة من الكلمات والعبارات الرائجة الطنانة التي جرى تداولها في هذا الحوار، من مثل «الاستدلال العقلي النقدي» و«الوصول إلى استنتاجات مستقلة». ويبدو لنا بمعنى ما أن مثل هذه العبارات تمثل

عبئا يثقل كاهل المواطنين المتوسطين ممن نفترض أنهم قادرون على مطالعة الحجج العلمية والاستماع إلى الخبراء المتنافسين، وأيضا قادرون على استخدام معارفهم العلمية وتعليمهم العلمي وأن يقرروا بأنفسهم أي جانب هو الصواب.

وليسمح لي القارئ بأن أكون صريحا من دون مداورة، هذا كله توقع غير واقعي جملة وتفصيلا. ومن أسباب ذلك، كما سوف أدفع في الفصل التالي، أن القضايا العلمية اليوم وفي المستقبل المنظور معقدة كثيرا لدرجة أن أغلبية العلماء الحاصلين على درجة الدكتوراه ليس في وسعهم الوفاء بهذه المهمة. وسبب آخر، أشرت إليه مرارا، هو أن العلماء الحاصلين على درجة الدكتوراه هم أنفسهم أميون علميا عادة في جميع المجالات خارج مجال التخصص. وبهذا لا سبيل إلى إنجاز هذا الهدف المميز بأقل من اشتراط حصول كل شخص على درجة الدكتوراه في كل شيء.

مقترح متواضع

إذن ماذا عسانا أن نفعل؟ أقترح برنامجا يستهدف جعل كل امرئ، ذكرا أو أنثى، على ألفة ودراية بالعلم وفق قدرته على المضي قدما، وأن يتبنى البرنامج مقترحين يتسمان بالبساطة والوضوح الذاتي، هما:

1 - عليك أن تدرِّس لطلابك الموجودين أمامك وليس للطلاب الذين ترغب فيهم.

2 - إذا توقعت من طلابك رغبة في معرفة شيء ما فإن عليك أن تخبرهم بما هو.

وقبل أن أُقدِّم إطارا عاما تفصيليا لما اعتقد أنه محتوى المنهج الذي أود أن يكون مجسدا في المعارف الأولية العلمية، أرجو أن أناقش هذين المقترحين أولا بشكل عام.

إحساسي الخاص هو أن قدرا كبيرا من مشاعر عدم السعادة التي ألمسها لدى زملائي من العلماء، بالنسبة إلى تعليم غير المشتغلين بالعلم مبعثه فشلهم في النظر بعين التقدير والأولوية إلى المقترح الأول. وواقع الأمر أنك إذا قررت أن تدرس لغير المتخصصين في العلم (وهو قرار ليس لنا جميعا أن نتخذه) فإنك

في سبيلك إلى التعامل مع مزيج مختلف من الناس داخل قاعة الدرس. سيكون هناك فريق صغير العدد - ربما أقل من الثلث - معني، عن أصالة، بمادة الدرس ويريد حقا أن يتعلم. وسيكون هناك فريق أكبر - ما بين الثلث والنصف - يحاول جاهدا استيعاب المنهج الدراسي على أفضل ما في استطاعته، ولكنهم طلاب جادون سيحصلون في الوقت الضروري على تقديرات جيدة. ثم هناك الباقون، وأتمنى مخلصا ألا يكون لديك عدد كبير منهم.

ولكن أيا كانت تركيبة قاعة الدرس، فإن هناك طلابا عليك أن تدرِّس لهم. سينظر البعض إلى الأمر على أنه سهل يسير، وسوف يناضل البعض الآخر، غير أن مهمة المدرس هي دفع كل منهم إلى الحركة قدما قدر الاستطاعة على طول درب الثقافة العلمية. معنى هذا في الأغلب الأعم أن ثمة أهدافا جديرة بالاهتمام يجب أن تحتل مكانها في الأذهان حتى وإن احتلت مكانا خلفيا بينما نركز على موضوع العلم. مثال ذلك أنك لا تستطيع أن تضيع وقتا طويلا لتصويب أخطاء الطالب في اللغة أو في بلاغة الكتابة، إذ لا وقت يكفي لذلك.

وأهم من ذلك، ربما لا تعتزم أن تتوافر لديك القدرة على النهوض بالمشكلتين التوأم في وقت واحد، وهما المعارف الأولية العلمية والمهارة العددية. وليس ذلك لأن كثيرين من هؤلاء الطلاب يتمتعون بذكاء متنوع غير الذكاء المرتبط بالمهارات الرياضية، بل ولأنهم، علاوة على ذلك، سوف يعانون أيضا حالات الخوف المتوسطة والشديدة من الرياضيات. معنى هذا أنك إذا أردت منهم الاشتغال بالعلم والارتباط به فلن يكون في مقدروك أن تلقي إليهم بكم كبير من المعادلات. وسوف أوضح في الفصل الثاني عشر أن الأفكار الأساسية عن العلم يمكن عرضها بسهولة من دون معادلات. ذلك لأنها جميعها بسيطة للغاية في أساسها. ولكن هذه المسألة تمثل مشكلة فقط إذا ما أصر المعلمون على أن العلم «الحقيقي» يوجبها شرطا.

وأعتقد في الأساس أن المشكلة بشأن مقترحي الأول هي أن علماء كثيرين يرنون خفية إلى عالم متقلص، إذ أنواع الذكاء السبعة التي يقول بها غاردنر يمكن أن تنكمش وتتحول إلى عالم به نوع واحد أو اثنين، وطبيعي يأملون في النوع أو النوعين اللذين نتمتع نحن بهما. بيد أن جوهر كون المرء

عالما جيدا يتمثل في القدرة على الاعتراف بحقائق العالم الخارجي، والعالم الخارجـــي في حالتنا هذه هو عالم يضم طلابنا بأنواع ذكائهم المتنوع، ولكن تجمع بينهم قسمة مشتركة هي حاجتهم إلى المعارف الأولية العلمية.

ويبـــدو لي أيضا أن المقتـــرح الثاني واضح بذاتـــه، ولكنه لا يصلح في الأســـاس لتعليم العلم وفقا لفكر المدرسة المتخصصة. فهذه المدرسة تؤمن بأن هناك شـــيئا يســـمى المنهج العلمي (أو كما ســـماه ديـــوي عادة العقل العلميـــة) وبأن كل ما علينا عمله هو تدريس هذه العملية العلمية للطلاب، وسوف يدركون هم كل شيء آخر يتعلق بالعلم بأسلوبهم الخاص.

وواقع الأمر أن النقطة التي أثيرها هي مثال لقضية مزمنة في مجال تعليم العلم والتي يمكن وصفها بشـــكل عام بقولنا إنها الصراع بين المنهج والمحتوى. وإن ما أسميه المعارف العلمية الأولية يمكن إحلاله في موضع أقرب إلى جانب المحتوى في هذا التقسيم الثنائي بينما السابق أقرب إلى جانب المنهج.

ويبدو لي في واقع الأمر أن المقترح بشـــأن التركيز على تدريس شـــيء ما اســـمه المنهج العلمي مثير للضحك تماما بالنســـبة إلـــيّ، حتى أنني لا أكاد أعرف من أين أبدأ مناقشـــتي له. واعتدت كلما أردت أن أثير حفيظة زملائي أن أسميه مدرسة الفكر القائل: «علمهم النسبية وسوف يستنتجون البيولوجيا بأنفســـهم في الطريق إلى البيت». نعم هناك حقا منهج علمي . ناقشـــته في الفصل الأول. ولكن معرفة هذا المنهج ليســـت ســـوى خطوة أولى صغيرة جدا على الطريق إلى المعارف الثقافية الأولية. وأود أن أسوق حجتين ضد مدرسة فكر المنهج:

أولا: إذا طبقت هذه الحجة على أي مجال دراســـة أخرى سوف تظهر أوجه الخطأ واضحة للعيان. وإذا دفعت بوجود شـــيء اســـمه منهج لغوي، ومن ثم فإن دراسة لغة ما (الفرنسية مثلا) سوف ييسر كثيرا الانتقال إلى أخرى (التشيكية أو الأوردو مثلا)، فإننا بذلك نعترف بأن هذه الحجة غير مجدية. إنك إذا أردت معرفة اللغة التشيكية فلن تدرس الفرنسية لتحقيق هذا الغرض، بل ســـتدرس التشـــيكية. وادفع، على المنوال نفسه، بأنك إذا أردت مناقشـــة الخلايا الجذعية فلن تدرس النماذج المناخية، بل ستدرس البيولوجيا الجزيئية وبيولوجيا النمو.

ثانيا: وهذا ما سوف أدفع به في الفصل التالي، إن اختراع الحواسيب (الكمبيوتـرات) الرقمية أحدث تحولا هائلا في طريقة ممارسـة وإنجاز العلم. ذلك أن أنواع التجارب البسـيطة التي يمكـن للمرء أن يجريها في معمل مدرسـة أو معمل الجامعة. وهي أنـواع التجارب التي نفترض أنها تعلـم الطلاب المنهج العلمي. أضحت غير ذات موضوع بالنسـبة إلى كثير من المشـكلات الحقيقية التي تعنينا في نطاق العلم. ونتوقع مسـتقبلا أن يكون في الإمكان تحول المنهج العلمي شـيئا فشيئا، وباطراد، إلى موضوع غير وثيق الصلة بالمناقشات العامة. معنى هذا أن التركيز على المنهج دون المحتوى الفعلي للمعارف الأولية العلمية من شأنه - على الأرجح - تخريج طلاب مؤهلين لمحاكاة غاليليو في عالم يهيمن عليه كريغ فنتر، أول إنسان حدد نسل الجينوم البشري.

بيد أن هذا موضوع نتناوله في فصل آخر.



11

التدريب على منهج غاليليو في عالم كريغ فنتر

«إن الناس قادرون تماما على التعامل مع الشك عند اتخاذ قرارات عامة - وإن كانوا يفعلون ذلك دائما وأبدا في مجالات غير علمية. ولهذا لا أرى سببا يجعل الشخص العادي عاجزا عن تناول القضايا العلمية بالأسلوب نفسه، وأن يضع في الاعتبار الرأي الخبير، ويحافظ في الوقت نفسه على قدر صحي معقول من الشك»

المؤلف

كريغ فنتر هو الرجل المسؤول عن اكتمال عملية تحديد تسلسل الجينوم البشري، سابقا للموعد وبميزانية دنيا. ووفق هذا الوضع يمثل رمزا كاملا للدلالة على نوع العلم الجديد الناتج عن ميلاد الحاسوب الرقمي. إذ إن هذا الحدث أدى حرفيا إلى إنتاج علم مختلف من أساسه عن كل ما كان في السابق. إن القضية المحورية التي ستواجهنا في هذا الفصل هي الآتي: كيف يتعين علينا تعديل نظامنا التعليمي حتى يكون في اعتبارنا هذا الطراز الجديد من العلم؟

كان العام 2000 عاما ملحميا بالنسبة إلى العلوم. إذ لم يكد العالم كله يفرغ من الاحتفال بالعام الجديد (أليس

هذا مروعا؟) حتى كان إعلان اكتمال مشــروع علمي مذهل اســتمر عدة ســنوات، واقترن الإعلان بمباهج احتفالية مناســبة ومؤتمر صحافي في البيت الأبيض. وكان هذا مشــروعا استهدف إكمال ما سُمي «التركيبة أو التجميعة الأولى» first assembly للجينوم البشري: كتالوج متتابع الخطى يضم 3 مليــارات «حرف» تؤلف عند تجميعها معا المتاع «الجيني» الوراثي البشــري. وإذا تخيلنا جــزيء الـ «دنا» DNA مثل ســلم ملتوٍ فإن درجات السلم تتألف من جزيئين مترابطين يسميان «قاعدتين». وتوجد أربع قواعد نرمــز إليها بالأحــرف T، G، C، A التي تمثل نوعا مــن الأبجدية رباعية الأحــرف هي لغة كتابــة الحياة في كل صورهــا. إن القائمة الكاملة لهذه القواعد، أو الجينوم، هي جماع كل المعلومات التي تنتقل من جيل إلى جيل، لأي مــن الكائنات الحية، إلى ذريتها. وتحتــوي على كل المعلومات اللازمة لأداء كيمياء الكائن العضوي الحي. وتسمى عملية إنجاز هذه الشفرة باسم تحديد تسلسل الجينوم.

عندمــا قدمت فكرة لتحديد تسلســل الجينوم البشــري الكامل في ثمانينيات القرن العشــرين لأول مرة، ظهرت معارضات كثيرة للاقتراح مــن جانب علماء البيولوجيــا التقليديين. إذ كان علــم البيولوجيا حتى ذلك الحــين يجري إنجــازه ضمن نمط يحمل اســم «العلــم الصغير» small science. حيــث عمليــة البحوث النمطية تتم في صورة أســتاذ مع اثنين من الطــلاب يتابعان بحثهما في زاوية من الزوايا في مكان ما حيث يوجد المعمل. ولكن مشــروع الجينوم الــذي تدفقت عليه مليارات الــدولارات لتحقيقه، أدى فــي صورته الكاملة إلــى إثارة غضب بعض علمــاء البيولوجيا. علاوة على هذا فإن التقنيات المتاحة آنذاك أضحت تميل إلى التعقد وإلى كثافة معملية، ولهذا بدا المشروع في نظرهم كأنه ســيكلف الباحثين أعمارهم يكدحون بغية الوصول إلى النتيجة المرجوة. وأذكــر هنا ما قالــه لي أحد الطلاب الجامعيــين: «لا أريد أن يكون كل عملي في الحياة تحديد التسلســل مــن زوج قاعدي 100 ألف إلى زوج قاعــدي 200 ألف على كروموســوم 12». (أصبح فيمــا بعد من أبرز الباحثين في علم الإحاثة ـ الباليونتولوجي).

ثبت بعد ذلك أن المخاوف لا أساس لها. ذلك لأنه سرعان ما تكاثفت الجهود في كل أنحاء العالم لاكتشاف سبل للتشغيل الآلي في تحديد تسلسل الـ «دنا» DNA. وهنا، عند هذه النقطة، ظهر كريغ فنتر على المسرح. إنه شخص دينامي غير تقليدي، يثير استجابات قوية لدى الناس المحيطين به. وأوضح ريتشارد بريستون هذه الخصال في عرض لملامح شخصيته في صحيفة الـ «نيويوركر» التي استهلها باقتباس «إن كريغ فنتر أحمق».

وبدأ فنتر العمل في مشروع الجينوم تحت رعاية المعاهد القومية للصحة، ولكنه سرعان ما نفد صبره بسبب الخطو البطيء للبرنامج الفدرالي. ترك وظيفته وأسس «سيليرا جينومكس» Celera Genomics أو «مبحث الجينوم السريع»، وهو شركة خاصة رصدت جهدها لاكتشاف أسرع وأكفأ السبل لتحديد تسلسل الجينوم. واستُحدثت في أثناء ذلك تقنية لإنجاز عملية تحديد التسلسل، والتي أنجزت المشروع قبل تاريخ إتمامه بسنوات، فضلا عن خفض التكلفة عددا من مليارات الدولارات عما كان مقدرا أصلا. وقُدِّمت في أثناء العملية أيضا صورة توضيحية للتغير الهائل المقترن باكتشاف الحواسيب وهو ما ذكرته آنفا.

وتقنيته هذه معروفة باسم الهجمة الخاطفة shotgun، وتشتمل على تقسيم مساحات مؤلفة من نسخ كثيرة من الـ «دنا» لتصبح قطعا صغيرة، ويغذي هذه القطع من خلال ماكينات متوازية تعمل أوتوماتيكيا لتحديد التسلسل، ثم يتولى حاسوب تنسيق القطع المتماثلة و«جمع» كل الجينوم الأصلي. ويشبه الأمر هنا قراءة كتاب عن طريق البدء أولا بتقطيع نسخ كثيرة وإعداد كل جذاذة من الورق لقارئ منفصل، ثم تبدأ الحواسيب - بعد ذلك - في إعادة تجميع النص الأصلي من واقع البيانات التي قدمها جميع القراء. وهكذا كانت الحواسيب في معمل فنتر لها الأهمية نفسها التي هي لعملية التسلسل البيولوجي في الواقع العملي.

ويبين هنا واضحا أن قصة مشروع الجينوم البشري توضح لنا حقيقة واقعة، وهي أن الحواسيب في سبيلها إلى أن تؤدي أدوارا حاسمة في كل مجال من مجالات العلم خلال البحوث الطليعية، حيث نشهد نوعا من التأثير

مشـــابها للتأثيـــر المرتهن بطبيعة المجال ذاته. وهذا واقع من شـــأنه أن يغير أســـلوب ممارســـة العلم، ومن ثم بالتالي تغيير نوع العلم الذي يعرض نفسه مـــن خلال القضايا العامة. لذلك نرى أن الأمر جدير بأن نخصص له بعض الوقت للتفكير في الحواسيب ذاتها، وفي أسلوب أدائها في عالم العلم.

دور الحواسيب في العلم

الحاســـوب أو الكمبيوتر أداة عجيبة مذهلة متعددة الجوانب ومعقدة، ولكنه مع هذا أداة. وشأنه شأن جميع الأدوات يؤدي بعض الأشياء بامتياز. أفضل من البشر. ويؤدي بعضها الآخر بصورة سيئة جدا. وهذه في النهاية طبيعة الأدوات. إن ســـيارتك يمكن أن تسير أسرع مما تسير أنت، ولكنها لا تستطيع أن توازن رصيد دفتر شيكاتك. وهناك بعض الناس يستبد بهم القلق خوفا من هيمنة الحواسيب، بيد أنني أعيد عليهم ملاحظة مطمئنة للفيلســـوف جون ســـيرل تقول: «لا أحد يشـــعر بالقلق خوفا من أن تهيمن الأحذية على العالم، إذن لماذا القلق من الحواسيب؟!» [1].

ولكن الحواســـيب، من وجهة نظـــر العلم، لها قدرتـــان مهمتان: إدارة البيانات والحوســـبة. ونعرف أن كل مجال علمي يســـتثمر هاتين القدرتين بنسب مختلفة، وأنه من خلال هذه العملية يتحول ذاتيا إلى شيء جديد.

ولنأخذ علم الإحاثة (الباليونتولوجي) كمثال. ظل هذا المجال حتى ثلاثين عاما مضت يكاد يكون مقصورا فقط على الدراسة التفصيلية للحفريات كل علـــى حدة، بحيث يجري بذل الجهد بحذر وحب لقياس كل وحدة ووضعها في مكانها مـــن القائمة. ومن ثم كانت صورة الباحـــث الباليونتولوجي إما صورة عالم فظ خشن سارح في ميدان بحثه يجمع الحفريات، وإما عالم له لحية كثة قابع في غرفة خلفية من قاعات أحد المتاحف عاكف على تحليل مكتشـــفاته. وأُدخلت الحفريات الواحدة تلو الأخرى في سجل الحفريات، وهي اللائحة المصنفة لجميع المقالات العلمية عن الموضوع.

كانـــت المشـــكلة أن أحدا لا يســـتطيع إلقاء نظرة على الســـجل في مجموعـــه كوحدة متكاملة؛ نظرا إلى وجـــود تفاصيل كثيرة جدا. وهذه صورة نموذجية تقليدية لمن لا يســـتطيع أن يرى الغابة بسبب الأشجار.

ولكــن في أواخر الســبعينيات شــرع جاك سيبكوســكي، فــي جامعة شــيكاغو، في تغيير كل هذا. غاص في أدبيات العلم وبدأ يجمع سجلا محوسبا لجميع الحفريات المسجلة في تقارير. واعتاد أن يطلق دعابات في هذا الشــأن خلال حلقات البحث التي يعقدها بعرض صورة لمكتبة الجامعة باعتبارها مجال بحثه. ولكن مع تزايد قاعدة البيانات لديه بدأ الحاسوب يكشــف عن حقيقة قوته وطاقته. لن نجد مخا بشريا قادرا على تذكر آلاف المدخلات الواردة في سجل الحفريات، ولكن الحاسوب قادر على ذلك. وهكذا، لم تكد ســعة ذاكرة المخ البشري تزيد وتتعاظم حتــى بدأت الأنماط تظهر من بين المعلومــات. مثال ذلك، أن من أولى النتائج المهمة كانت ورقة بحث كتبها سيبكوســكي بالاشتراك مع زميله داف روب أوضحــا فيها أن نمط الانقراض في تاريخ الأرض يتبع نمطا يتكرر مع اشــتماله علــى حدث انقراض ضخم، وهــو انقراض حيوان الديناصور منذ 65 مليون ســنة مضــت، وأن هذا النمط يتكرر كل 26 مليون سنة.

ولم تكد طاقة اســتخدام ذاكرة الحاسوب هذه تتضح على هذا النحو حتى انتشــر استخدامها انتشار النار في الهشيم في كل المجتمع. وأصبح مــن المتوقع اليــوم أن يكون عالم الباليونتولجي خبيــرا ماهرا في قاعدة المعلومات شــأن عالم الجيولوجيا مع مطرقته، ويشــعر بالألفة مع لوحة المفاتيح كأنه في الميدان. وهنا أســئلة واســعة النطاق: من بقي على قيد الحياة عقــب أحداث الانقراض؟ ومن هلك؟ هــل الكائنات الحية تتطور حقيقة في صورة أحجام ضخمة مع الزمن؟ سبق توجيه هذه الأسئلة ولقيت الإجابات عنها. وهكذا لم يعد في المســتطاع ممارسة علم الباليونتولوجي عمليا هذه الأيام من دون قاعدة بيانات حاسوبية تماما، مثلما لا تستطيع ممارسته من دون حفريات.

وجدير بالذكــر أن القدرة الحاســوبية للماكينــات أدت دورا تحويليا مماثلا في ميادين أخرى. والفكرة الأساســية هنا هي: القسط الأكبر من العلــم قوامه بناء نماذج من العالــم الخارجي، نماذج هدفها محاكاة العالم والتنبؤ بســلوكه. ويجري نمطيا التعبير عــن هذه النماذج في مصطلحات

معادلات رياضية. مثال ذلك عندما حقق إسحق نيوتن نموذجه للكون الذي يعمل كالســاعة، كان العنصر الرئيســي المفتاح في نظريته هو قانونه عن الجاذبية الكونية الذي نكتبه كالآتي:

$$F=GMm/r^2$$

حيث F هي القوة بين جسيمين، وM وm الكتلة لكل منهما، وr المسافة بينهما، وG عدد كوني ثابت يعرف باسم ثابت الجاذبية.

وبمجــرد إثبــات معادلة كهذه تكون المهمة التالية هي حلها في ســياق محدد، مثال ذلك استنتاج مدار القمر، أو حركتي المد والجزر في المحيطات في الكرة الأرضية. وهنا تبدأ المشكلة، لأنه بمجرد أن نتجاوز أدنى مستوى ممكن من التعقد حتى تتقصف أساليب الورقة والقلم التقليدية للحل.

وحري بنا أن نتأمل حركة الأجسام في المجموعة الشمسية كمثال. ثمة قــوى جذب كثيرة في كل لحظة تؤثر في كوكــب مثل الأرض. وطبيعي أن الشــمس لها تأثير ضخم، ولكن هذا أيضا صحيح بالنســبة إلى الكواكب والأقمار الأخــرى. وإذا تخيلنا تجمد حركة الكواكب للحظة. نضغط على زر التوقف إذا شــئت. هنا يمكنك حســاب القوة F في معادلة نيوتن بأن تجمع كل هذه القوى الفردية من الكتل المعروفة للأجسام الأخرى والمسافة بين كل منها والأرض. وهكذا يمكنك بهذه المعارف حساب كيف أن كل قوى الجذب هذه تجعل الأرض تتحرك. ولك، إذا شئت، أن تجري حسبة مماثلة لكل جرم آخر من أجرام المجموعة الشمسية.

كل شــيء على ما يرام إذن، ولكن الأمور تبــدأ الآن في التعقد. إذا رفعنا إصبعنا عن زر التوقف وبدأت الكواكب والأقمار في الحركة، فإنها ستبدأ في إحداث رد فعل لقوى الجذب التي فرغنا من حســابها لفورنا. ولكن بعد ثوان قليلة سيكون كل شيء في حركة. معنى هذا أن جميع القوى تغيرت، وأن القوة F التي حسبناها في أثناء التوقف لم تعد هي القوة الفعلية المؤثرة في الأرض. وعلينا، لعــلاج ذلك، أن نضغط على زر التوقف ثانية ونعيد حســاب القوى، ونعــرف الاتجاهات الجديدة للحركة، ثم ندع الأجســام تتحرك ثانية. ونحن حين نخطو على هذا النحو بالتبادل بين التوقف وإطلاق الحركة نستطيع في واقع الأمر أن نتنبأ بالحركة المستقبلية لكل جرم من أجرام المجموعة.

وهــذه عملية معقدة تشــتمل على كـم كبير من العمليات الحســابية، واتبع العلماء تقليديا نهجا محددا لذلك، وهو محاولة بناء نموذج مبســط للمجموعة الشمسية مع إغفال بعض التأثيرات التي نظن أنها ضئيلة. وأول خطــوة في هذه العملية ربما تتمثل في التفكير في أمر الأرض والشــمس كمثال. ونســتطيع في هذه الحالة أن نســتخدم حساب التفاضل والتكامل لاســتنتاج مدار كوكب مــا بالورقة والقلم (وهو على شــكل قطع ناقص). وهذه هي تحديدا المشــكلة التي شغلت فكر نيوتن واستحدث معها حساب التفاضــل والتكامل. ولكن إذا انتقلنا من البســاطة وأضفنا جســما آخر. القمر أو المشــتري مثلا . فلن تســتطيع الوصول إلى حل عن طريق الورقة والقلم، بل سنجد أنفسنا قد عدنا إلى حالة التعقد التي وصفناها آنفا.

اعتــادت المراصد الفلكيــة، في أواخر القرن التاســع عشــر ومطلع العشــرين، أن تســتخدم طاقما كبيرا من العاملين وظيفتهم الوحيدة هي إنجاز مثل هذه الأنواع من العمليات الحسابية المجهدة، مستخدمين جداول اللوغاريتمــات. وكم هو طريف أن نذكر أن هؤلاء العاملين كانوا يســمون الحواسيب computers، وبوسعي أن أتذكر نعيا لفقيد مع موجز لسيرته الذاتية نشرته صحيفة علمية منذ بضع سنوات بمناسبة وفاة آخر حاسوب (كمبيوتر) بشري. ولكن هناك حدودا لتعقد الحسابات التي يمكن إجراؤها بهذه الطريقة، مادامت عملية الحساب البشرية بطيئة نسبيا.

وطبيعــي أن ظهور ماكينات الحســاب الحديثة غيَّــر كل هذا. ليس لأن الحاســوب يمكنه في ثوان أن يحسب ما يستغرق شــهرا بطريقة الحساب البشــرية، بل أيضا لأن الحاســوب بإمكانه معالجة ما هو أشد تعقدا. مثال ذلك أن لا فارق بالنسبة إلى الحاسوب أن نتوقف عند إضافة القمر والمشتري أو أن تضيــف جميع الكواكــب وأقمارها مع بضع عشــرات من الكويكبات الســيارة. إذ إن هذا لا يحتاج إلى أكثر من بضعة من الـ «مللي ثانية» (جزء من الألف من الثانية) زيادة لإضافة قواها عند حساب القوة F.

ولكن الملاحظ منذ الثمانينيات أن هذه القدرة على الوصول إلى حلول رقميــة للمعادلات المعقدة أحدثت ثــورة في كثير من ميادين العلم. وحدث أنني في السبعينيات شاركت في مجال يسمى «ميكانيكا الموائع»، وهو فرع

من الفيزياء ويعالج مشـكلات من مثل دفق السوائل أو الغازات. وأذكر أن حدود الحساب بالحواسيب (الكمبيوتر) التي لدينا آنذاك هي حساب دفق الهواء فوق جناح سميك لطائرة تتحرك بسرعة قريبة من سرعة الصوت. وكانـت تصميمات الطائرات وقتـذاك يتعين اختبارها عـن طريق وضع نمـاذج داخل أنفاق هوائيـة مصمتة ومكلفة. ولكن مـع نهاية الثمانينيات تحسـنت الحواسيب إلى الحد الذي أصبح بالإمكان تصميم كل الطائرات عن طريق استخدام نوع من التقنيات الرقمية سبق أن حددنا معالمها فيما سـبق. وأصبح في الإمكان حسـاب ومعرفة درجات الضغط والجهد على أي جزء من أجزاء السـطح الداعم للطائرة. ويعرف المهندسـون من ذلك كـم القوة اللازمة لكل جزء من أجزاء الهيـكل. وجدير بالذكر أن الطائرة بوينـغ 777 كانت أول طائرة تجارية جرى تصميمها بالكامل بالحاسـوب (الكمبيوتـر). إذ عند تصميم هذه الطائرة تم تخزين جميع الأسـطح في حواسـيب، واختُبرت عن طريق تدريبات مصغـرة افتراضية ضمت عددا من المهندسين، بل والمسـافرين، قبل اتخاذ القرار بشأن كل قطعة معدنية لتحديد معالمها وتقطيعها.

ولنقـل هذا بعبـارة أخرى: إننا في هذا المجال لـم نعد نجري تجارب علـى نماذج فيزيقية أو، بدقة أكبـر، أن النماذج التي نجري عليها تجاربنا مختزنة داخل الحاسوب وليست في الخارج في العالم الواقعي. ونستخدم مصطلحا للدلالة على مثل هذا النوع من عملية بناء طائرة، وهذا المصطلح هـو التصميم الحاسـوبي أو التصميم وفق نموذج حاسـوبي computer modeling. ويظهـر واضحا فـي الواقع أن قدرتنا الحاسـوبية الجديدة تسـمح لنا ببناء نماذج مـن العالم الواقعي داخل الماكينات. كما تحسـنت الحواسـيب على مدى العقديـن الأخيرين (وفقا لقانـون مور الذي يقول إن سـرعة الحواسيب سـوف تتضاعف كل 18 شـهرا)، وأصبحت أسرع وأرخص. وهكذا نستطيع الآن عمل نماذج لمنظومات أكثر وأكثر تعقدا.

وها نحن اليوم يمكن أن نجد نماذج حاسـوبية متعددة المسـتويات من حيـث درجة التعقد (والمصداقية) في مجالات واسـعة ومتباعدة، من مثل التنبؤ بمسـتقبل المناخ (موضوع سنعود إليه فورا) والإشارات العصبية في

المخ، وسلوك سوق الأسهم. ونجد في أغلبية هذه المجالات أن الحائل الوحيد المؤثر في مدى التقدم هو سرعة وسعة الحواسيب. ولكن حيث إن قانون مور له نتيجة حتمية، فإن العلماء بوسعهم تضمين المزيد والمزيد من التفاصيل في نماذجهم، وهو ما يعني أن النماذج في سبيلها إلى أن تسلك على غرار العالم الواقعي أكثر فأكثر. (هنا طريقة مهمة للتفكير في نتيجة قانون مور: العملية الحسابية التي يمكن أن تتم اليوم عن طريق أفضل حاسوب فائق السرعة في العالم سوف تكون بعد 15 سنة من النوع الذي ينجزه حاسوبك الشخصي).

معنى هذا أن الزيادة المطلقة والمتاحة للقوة الحاسوبية لن تواصل اطراد تحسنها فقط، بل ستكون لها نتائج مهمة في كل مجالات النشاط العلمي. وهناك الآن مجالان جديدان في العلم. نظرية الشواش ونظرية التعقد. تعود نشأتهما بالكامل إلى توافر الحواسيب. ترى ماذا ستكون أفرع العلم التقليدية وقتما يتهيأ طلاب المدارس الابتدائية اليوم للنهوض بدورهم كمواطنين؟ هذا هو السؤال الذي سأتحول إليه الآن.

النظرية والتجربة والطريق الثالث

ينقسم العلماء، تقليديا، إلى معسكرين تأسيسا على نوع العمل الخاص بكل منهم. نجد على أحد الجانبين من يعملون داخل المعامل أو المراصد، عاكفين على اكتشاف طبيعة العالم الذي نعيش فيه. ونجد على الطرف الآخر العلماء الذين حاولوا تفسير هذه النتائج وإنتاج نماذج (عادة نماذج رياضية) تمثل العالم. ويشار إلى هذين المعسكرين بالتجربة والنظرية على التوالي. وحدد العلماء نمطيا اختيارهم بين هذين النهجين الكبيرين. ويتحدد الاختيار أحيانا مع السنة الثانية في التعليم الجامعي، ثم يقضون بقية حياتهم العملية ملتزمين بالنتائج المترتبة على هذا الاختيار.

ولهذا السبب نحن نرى التقدم العلمي أشبه بنوع من رقصة الفالس الجدلية أو التبادلية على مدى التاريخ، حيث أصحاب النظرية يقدمون تنبؤاتهم بينما أصحاب التجارب يتولون مهمة: إما تحقيق هذه التنبؤات داخل المعمل، وإما نفيها. ويمثل اكتشاف النماذج الحاسوبية

تحديا لهذا المخطط التصنيفي الخالص. واضح أن نموذج الحاسوب ليس نظرية في واقعه الحقيقي، ولكنه ليس أيضا تجربة في واقعه الحقيقي. إنه شيء آخر، وبدأ علماء كثيرون يرون صناعة النماذج الحاسوبية - أو بأسلوب رسمي أكثر العلم الحاسوبي - طريقا ثالثا لأداء عملنا في مهنتنا.

يبدأ نموذج الحاسوب بنظرية. مثال ذلك أنه في حالة الطائرة يبدأ بالقوانين المعروفة الحاكمة للغازات القابلة للانضغاط، مثل الهواء. ويضيف كثيرا من الأمور الأخرى التي يمكن اشتقاقها من النظرية أو ربما من التجربة. مثال ذلك، ربما لا تكون هناك نظرية تصف الاحتكاك بين نوع خاص لسطح معدني والهواء في درجة حرارة أو ضغط مميز. لذلك فإن ما يحدث هو أن نأخذ نتائج القياس التجريبي لهذه الكمية ونلقمها في النموذج بدلا من المعادلات النظرية. وأخيرا فإن المدخلات إلى النموذج ستكون ممثلة لأفضل معارفنا عن جميع العوامل التي يمكن أن تكون ذات أهمية في تصميم الطائرة. وعند هذه النقطة تبدأ مهمة الحاسوب الذي يجري عمليات حسابية لكل هذه المدخلات بالأرقام، ثم يكشف لنا أخيرا أي كميات طلبنا منه حسابها.

ونجد بعامة أن أنواع الحوسبة التي تتم بهذه الطريقة أشد تعقدا بما لا يسمح للبشر بمراجعتها خطوة خطوة. إذ يستغرق هذا وقتا طويلا جدا. وهكذا يمكن القول إن الحسابات الفعلية تكون عادة أشبه بالصندوق الأسود - تلقم الحواسيب أرقاما ومعادلات هنا لتخرج لك الإجابات هناك. ويصل بنا هذا إلى المشكلة الأساسية التي تصادفنا في هذا المجال الجديد للعلم: كيف لنا أن نثق بنتائج النموذج إذا كنا لا نعرف حقيقة كيف تأتّى استخلاصها؟

ونجد على المنوال نفسه، وبسبب تعقد عملية الحساب، أن من الصعوبة للغاية أن نقول ما إذا كان بعض التقريب الذي حدث في جزء من البرنامج قد أخرج لنا النتائج كاملة أو لا. مثال ذلك: إذا تمثلت خشونة سطح الطائرة في صورة سلسلة من النتوءات الكروية الصغيرة (لك أن تتصور سلسلة من كرات البنغ بونغ مقطوعة نصفين وملصقة بالجناح) بدلا من

الشكل الأكثر واقعية وتعقدا لسطح جناح الطائرة، فهل ستكون النتائج الحسابية ممثلة حقا لما يحدث على جناح طائرة وحقيقية؟ ويتحول السؤال الأساسي إلى ما يلي: كيف لك أن تعرف أن العالم الذي خلقته داخل نموذج حاسوبك هو عمليا مثل العالم نفسه الذي نعيش فيه؟ وهذه المشكلة نسميها مشكلة المصادقة على النموذج أو الثقة به، وهي مشكلة وإن قلل البعض من تقييمه لها لكنها تمثل جزءا حاسما ضمن الطريق الثالث لممارسة العلم.

ولدينا سبل كثيرة للتثبت من صحة النموذج. فإذا كنا بصدد صنع نموذج لمنظومة واقعية (مثل طائرة أو منظومة إيكولوجية لغابة forest ecosystem) فإننا نستطيع أن نتبين إذا ما كان سلوك المنظومة داخل الحاسوب يُضاهي سلوك المنظومة في عالم الواقع. ويبدو هذا بسيطا، ولكن لنفكر فيما يلي: أي نموذج على درجة معتدلة من التعقد يفضي إلى كثير وكثير من التنبؤات. إن أضخم نموذج لمنظومات إيكولوجية للغابة شاهدته في حياتي تديره وزارة الزراعة، وسوف يقدم تنبؤات عن أمور كثيرة، من مثل أنماط الأشجار التي سوف تزدهر في منطقة بعينها، وعدد الأقدام اللوحية (*) لألواح الخشب ستنتج عن كمية محددة، وهكذا. وإنما يحدث عادة أن نجد أن بعض هذه التنبؤات وليدة ملاحظات بينما الأخرى ليست كذلك. وطبيعي أن هذا من شأنه أن يثير سؤالا مهما: ما النسبة المئوية من الملاحظات اللازمة لتضاهي التنبؤات قبل أن نقول إن النموذج تمثيل صحيح للواقع؟

هذه مسألة مهمة لأنها تستلزم نوعا من الحكم يتجاوز كثيرا التأكيد المنحصر في التنبؤ. التجربة، أو منهج الرفض المستخدم في التدريس المعياري للمنهج العلمي. إذا كنا بصدد استخدام النموذج لصوغ سياسة عامة مثلما حدث في حالة نماذج المنظومة الإيكولوجية للغابة سالفة الذكر، أو لنماذج المناخ التي سنناقشها فيما يلي، إذن يلزم أن يتوافر لدى المواطنين على الأقل بعض الفهم لكيفية إصدار أحكام كهذه.

(*) الأقدام اللوحية board feet: وحدة قياس مكعبة للخشب تساوي جزءا من 12 من القدم المكعبة [المترجم].

كذلك فإن تعقد العمليات الحســابية في كثير من النماذج يثير مشكلة أخرى تسبب الإحباط. إننا حتى لو افترضنا أن نتائج النموذج تضاهي ما نــراه في عالم الواقع، فكيــف لنا أن نتأكد من أننا لم نحصل على الإجابة الصحيحة عن ســؤال خطأ؟ مثال ذلك: كيف لنا أن نعرف أننا لم نقع في خطأين وتصادف أن ألغى كل منهما الآخر في هذه العملية الحسابية، ولن يؤديا إلى ذلك عندما نســتخدم النموذج كأســاس لسياسة المستقبل؟ هذا سؤال صعب.

وثمــة طريقــة أخرى لاختبــار نتائج نمــوذج، وهــي تغيير بعض المدخــلات لنرى ما إذا كانت النتائج النهائية رهينة التغير. مثال ذلك المثال الذي أســلفناه عن دفق الهواء فوق جناح خشــن الملمس، حيث بوســعنا أن نغير حجــم كرات البنغ بونغ والفواصــل بينها، ونرى هل تغيــرت أي من خصائص الطيران التي تنبأنا بهــا. إذا لم تتغير إذن لنــا أن نقول إنه حتى لو لم يكن نموذج الخشــونة الذي لدينا صوابا تمامــا، فإن أي اختلافات موجودة لن تســبب أي فارق عن النموذج. ويسمي العلماء هذه العملية اكتشاف قيمة ثابت الفواصل exploring parameter space.

ومشــكلتنا مع هذا النهج هي أنه غالبا ما يســتغرق من الحاســوب وقتا طويلا لتشغيل النماذج، وغالبا ما تكون هناك مئات بل آلاف القيم الثابتة التي يمكن أن تتباين. معنى هذا أن كمية الاستكشاف التي يمكن إنجازها عمليــا غالبا ما تكون محدودة جــدا بالمقارنة بإجمالي العدد المحتمل للتباينات. ومن ثم فإنه لأمر عادي جدا بالنسبة إلى نوع نماذج المناخ التي سأناقشــها، أن تســتغرق أشــهرا من عمل الحاسوب للتنبؤ بالمناخ على مدى 100 عام من الآن. وهكذا نجد أنفسنا ثانية إزاء حكم بالمثــل: كم عدد العمليات التي علينا أن نؤديها لاستكشــاف قيمة ثابت الفواصــل قبل أن نكون على ثقة بأن جهلنا بالتفاصيل في عملية بذاتها لــن يؤثر في الناتج النهائــي؟ كيف لنا أن نتأكد مــن أن الدورة التالية لتشــغيل الحاسوب (التي لم نعملها بعد) لن تنحرف على نحو هائل عن حسبتنا التي وصلنا إليها؟

إن القضية المحورية التـــي تتعين مواجهتها من منظور تعليمي هي إذن كيــف نصل بطلابنا إلى حالة الألفة مع هذا النــوع من العلم، على الرغم مــن كل ما فيه من تعقد، وحتى يمكنهم إصدار مثل هذا النوع من الأحكام التي ستكون مطلوبة منهم في حياتهم بعد ذلك؟ وأعتقد، كما يوحي عنوان هــذا الفصل، أنــه إذا كان الطلاب من نوع النمـــاذج التقليدية القائم على التجارب المعملية، حيث يتعاملون كمثال مع تدحرج كرات على أسطح مائلة ليســاعدهم هذا على فهم عالم غاليليو البســيط نسبيا، فإنهم لن يمضوا بعيدا جدا في العالم الجديد الجســور القائم على علم الحواسيب. ولكن عليهم - على الأقل - أن يعرفوا أن هذا العالم الجديد قائم وموجود، وأن أســلوب الإجابات البســيطة بنعم أو لا عن الأســئلة العلمية سيكون أشد عسرا في المستقبل مما كانت عليه الحال في الماضي.

نماذج المناخ: حالة واقعية

ونحن بصــدد تأليف هذا الكتاب عادت ثانية مســألة احترار الكوكب لتستحوذ على الاهتمام العام. وإذا تحدثنا من وجهة النظر السياسية نقرر أن هذه القضية تتألف من «زوبعة كاملة» ومتضمنة كما هي في الواقع علما معقدا وخيارات غير محببة على المستوى الشخصي والسياسي، مع الوعد ببذل الجهد الفوري بغية تحقيق عائد بعيد وغير يقيني. ولا نجد هنا شيئا بســيطا عن الموضوع، يمكن أن نعتبره مثالا جيدا لنوع المناقشة التي يتعين أن نعد طلابنا بها لاستقبال القرن الواحد والعشرين.

ونثبت من باب التســجيل أننا نعــرف أن الكوكب آخذ في الاحترار منذ نهايــة العصر الجليــدي القصير (*) في منتصف القرن التاســع عشــر. والســؤال الحقيقي هو: كم من الاحترار طبيعي وكم منه راجع إلى النشاط البشري؟

(*) العصر الجليدي القصير Little Ice Age: إشارة إلى فترة برودة شديدة بعد حقبة دافئة في شــمال الأطلسي، كانت معروفة باسم فترة الدفء الوسيـط. ووصـف العصـر الجليـدي القصير لا يشير إلى عصر جليدي حقيقي. بل هو وصف استخدمه فرانسوا إي. ماتيس في العام 1939. وتختلــف تقديرات علماء المنــاخ والمؤرخين في تقدير الفترة التاريخيــة. ويحصرها البعض في الفترة من القرن السادس عشر وحتى منتصف القرن التاسع عشر. [ويكيبيديا . المترجم].

إن الفيزياء الأساسية لاحترار الكوكب ليست موضوع سجال. نعرف أن البشر إذ يستخدمون الوقود الأحفوري إنما يضيفون مزيدا من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي المحيط بالأرض. ويعمل ثاني أكسيد الكربون عمل ما يسمى غاز الدفيئة، ويمتص الأشعة تحت الحمراء المنطلقة من سطح الكوكب؛ ما يؤدي إلى خلق ما يشبه نوعا من الغطاء الذي من شأنه، في حال ثبات الأوضاع كما هي، أن يرفع درجة حرارة الأرض. والسؤال إذن: ما التغيرات التي ستحدث في الحرارة والمناخ نتيجة إضافة معينة من ثاني أكسيد الكربون؟

هناك كوكب أرض واحد، ولذلك لا نستطيع عمل تجارب نضيف فيها كميات مختلفة من غاز ثاني أكسيد الكربون إلى غلاف الجو لنرى ما سوف يحدث. معنى هذا أن سيناريو التنبؤ والملاحظة الذي ناقشناه في الفصل الأول لن يساعدنا كثيرا في الحوار بشأن احترار الكوكب. ولكن العلم الحاسوبي هو وحده الذي يمكن استخدامه للإجابة عن السؤال عن نتائج نشاط البشر على الكوكب. وهذا بدوره يعني أن علينا بناء نموذج حاسوبي يشتمل على كل شيء من شأنه التأثير في المناخ. وتسمى هذه النماذج «نماذج الدورة الكوكبية» (ن. د. ك) Global circulation models GCMs. وأود أن أبقى هنا وقتا قليلا لأصف هذه النماذج حتى تتضح تعقدات العمليات الحسابية.

تنطوي عملية إنتاج نماذج للدورة الكوكبية على صعوبات كثيرة. هناك مثلا كمية غير قليلة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بغض النظر عن الأنشطة البشرية. وواقع الأمر أنه لولا هذه الدفيئة الطبيعية لتجمدت المحيطات على مدى مليارات السنين الماضية، كما أن متوسط درجة حرارة الكوكب ستكون 18 درجة تحت الصفر المئوي أو بضع درجات تحت الصفر بالمقياس الفهرنهيتي. إن الاحترار المتوقع بسبب الأنشطة البشرية لا يزيد عن بضع درجات مئوية قليلة، لذلك يجب أن يكون النموذج قادرا على حساب ما هو - عمليا - تصويب قليل لظاهرة طبيعية ضخمة. وهذه دائما مهمة عسيرة (المعتاد إثبات الاحترار المتوقع بدرجات مئوية. ونظرا

إلى التقديرات التقريبية التي سوف أستخدمها هنا، تكفي مضاعفة التغير بالدرجات المئوية للحصول على معادل قريب جدا بالدرجات الفهرنهيتية).

وكم هو يسير بناء نموذج للدورة الكوكبية، وهو أيسر كثيرا من إنجاز المهمة المناطة به. نبدأ بتقسيم الغلاف الجوي والمحيط إلى صناديق متمايزة، حيث حجم الصناديق يعتمد على قوة الحاسوب (وهذه نقطة سوف أرجع إليها فيما بعد). نضغط على زر التوقف ونطبق قوانين الفيزياء المعروفة على السائل في كل صندوق، ونحسب عناصر مختلفة من مثل تغيرات الحرارة ودفق الطاقة وتكثف أو بخر الماء، وحركة غازات محددة وغيرها. وبمجرد أن نفرغ من هذا حتى نبدأ نخطو بالنموذج خطوة أخرى إلى الأمام، ونضغط ثانية على زر التوقف ونكرر العملية؛ واضعين في الاعتبار حركة (كمثال) السوائل أو الطاقة من صندوق إلى الذي يليه. وعادة في برنامج الحاسوب من مثل النوع المستخدم لاستنتاج تنبؤ الطقس عند المساء مثلا ستكون الصناديق نحو عشرات الكيلومترات الإضافية، وأحد عشر صندوقا مكدسة من السطح إلى قمة الغلاف الجوي، ويتحرك البرنامج إلى أمام 20 دقيقة بين كل فترة توقف وأخرى. وتنتج عن هذه العملية نمطيا بضع عشرات الملايين من الصناديق لكي يعالجها الحاسوب. وتمثل هذه الأرقام الحد الذي رسمته السرعة الحاسوبية للماكينات؛ مقترنة بالقدرة على إيجاد تنبؤ الغد قبل مجيئه فعليا. وإذا أردنا حساب المناخ لمدة مائة عام مقبلة من الآن فسيكون لزاما علينا تبسيط العملية الحسابية عن طريق توسيع حجم الصناديق لتتسع لأكثر من مائة كيلومتر إضافية، وتشغيل الحاسوب لعدة أشهر بدلا من عدة ساعات.

وتوجد حرفيا مئات الكميات التي يلزم تلقيمها في نماذج الدورة الكوكبية قبل بدء التشغيل. مثال ذلك نعرف أن الجليد يعكس ضوء الشمس الساقط عليه، بينما الماء يمتصه. وإذا ارتفعت درجة حرارة العالم داخل الحاسوب فإن علينا تقدير كمية الجليد التي تذوب بين كل فترة توقف وأخرى، ونعدل الدفء الناتج عن ضوء الشمس الداخل وفقا لذلك. كذلك فإن كميات من مثل غزارة الخضرة النباتية وغطاء السحاب

وجسـيمات الهباء (الأيروسول) في طبقات الجو العليا، علاوة على عوامل أخـرى كثيرة، يتعين إدخالها قبل أن تبدأ نماذج الدورة الكوكبية في التنبؤ. وأوضحنا فيما سبق أن علينا الحذر خشية الخطأ في أي منها، وإذا حدث فإن علينا أن نعرف تأثير ذلك في ناتج تشـغيل الحاسوب. وبعد أن نحدد الوقت اللازم لكل تشـغيلة، يجب أن يكون واضحا أن مهمة اكتشاف قيمة ثابت الفواصل بالنسـبة إلى هذه النماذج مهمـة مذهلة على أقل تقدير. وهذه مجرد مشـكلة واحدة يتعين التفكير فيها عند الحصول على تنبؤات (مشكلة أخرى أن شبكة من عدة مئات الكيلومترات الإضافية لا يمكنها أن تفيد كثيرا لتمثيل عواصف كبرى مثل الأعاصير).

ولاتزال هناك مشـكلة أخرى: نعرف أن للسـحاب دورا كبيرا وإن كان معقـدا في تحديد المناخ. إذ تميل بعض السـحب إلى الاحتفاظ بالحرارة على السـطح، بينما سـحب أخرى تميل إلى عكس ضوء الشمس. ونعرف أيضا أن السـحب نادرا مـا تتكاثف بكميات كبيرة علـى مدى عدة مئات الكيلومتـرات. معنى هذا أن اسـتخدامنا لصناديق بهذا الحجم يجعل من الصعب علينا حسـاب آثار السـحاب بدقة. وهذا قيد يفرضه علينا واقع الأغلبيـة العظمـى من الحواسـيب الراهنة. ولكن بدأ هـذا القيد ينتفي مع بدء تشـغيل الحاسـوب الفائق العملاق المسـمى «محاكي الأرض» في يوكوهاما في العام 2002. وقـد بُنيت هذه الماكينة خصيصا لعمل نموذج للطقس والمناخ لكوكب الأرض. وتعتبر سريعة جدا بما يكفي لخفض حجم الصناديق إلى مدى 10 كيلومترات، مع إمكان حقيقي للانخفاض إلى مدى كيلومتر واحد. والحقيقة أن هذه العمليات الحسابية تشتمل على تفاصيل كثيـرة جدا إلى درجة أن مراقبة ناتج أو مخرجات الماكينة أشـبه بمراقبة فيلم سينمائي صُوِّر من كوكب اصطناعي للطقس. وعلى أي حال فإن هذا الجانب من مشـكلة السـحب سـوف يُحلّ عمليا وفق نبوءة قانون مور مع تحسن الحواسيب وزيادة سرعتها.

وبمجرد أن ينخفض حجم الصناديق ليصبح مثل حجم السـحب حتى نواجه مشـكلة أخرى أكثر أساسية وصعوبة. واقع الأمر أننا لا نعرف بعد ما يكفي عن كيفية تشـكل السـحب وكيف تعمل حتى نستطيع التنبؤ بما

سوف يحدث عندما، مثلا، تنخفض درجة حرارة جو ذي رطوبة محددة عدة درجات. ونظرا إلى أهمية السحب في التنبؤ بالمناخ في المستقبل، فإن جهلنا بهذه الحقيقة سيؤدي إلى شكوك كبيرة في التنبؤات التي يخرجها لنا نموذج الدورة الكوكبية.

وبسبب هذه الشكوك وشكوك أخرى من أنواع مختلفة، تقدمت جماعات مختلفة من العلماء بسيناريوهات متعددة ومتنوعة بشأن مناخ الأرض مستقبلا. وأصبح مألوفا الحديث عن كمية الاحترار التي من المتوقع أن تنتج عن تضاعف مستوى ثاني أكسيد الكربون زيادة على مستوياته قبل عصر الصناعة واعتبار ذلك المستوى معيارا في المناقشات الجارية (المستويات الراهنة أعلى من مستويات ما قبل الصناعة بنحو الثلث). وتوجد لجنة الخبراء الحكومية الدولية المعنية بتغيرات المناخ، وهي لجنة دولية ضخمة، وهي الأقرب، دون أي لجان أخرى، لتمثل توافقا في الآراء بشأن الرأي العلمي في هذا الموضوع. تنبأت هذه اللجنة في العام 2007 بأن درجة الحرارة هذه سوف تزداد لتصل إلى ما بين 1.5 و4.5 درجة مئوية، مع أفضل التقديرات التي تصل إلى 3 درجات مئوية. وتشير إلى أن الأرض ارتفعت حرارتها أقل قليلا من 1.5 درجة مئوية منذ نهاية ما يُسمى العصر الجليدي القصير في منتصف القرن التاسع عشر، هذا بينما الخروج من العصر الجليدي الأخير منذ 10 آلاف سنة مضت تراوحت درجة الحرارة فيه إلى إجمالي 5 درجات مئوية.

والمأمول في أفضل العوالم الممكنة أن نتمكن من أن نؤسس قرارات سياساتنا بشأن تخفيف حدة حرارة الدفيئة على أساس تحليل التكلفة والعائد. ونأمل أن نتمكن من أن نقول عبارات مثل «إضافة س من أطنان ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي من شأنه أن يسبب قدر كذا من زيادة الحرارة والذي ستكون تكلفته كذا، بينما تقليص هذه الانبعاثات سوف يكلف كذا في صورة مرافق أساسية إضافية أو نشاط اقتصادي ضائع». ونجد حججا كثيرة في مجال هذه المقارنة. مثال ذلك: كم حجم القيمة التي نخسرها بسبب فقدان نوع من النبات غير معروف أو بسبب تغيرات غير مواتية تلحق بالمنظومة الإيكولوجية للغابات؟ بيد أن الفكرة

الأساسـية هي أنه بسبب الشـكوك في نماذج الدورة الكوكبية لا نستطيع حتى الدخول في هذا الحوار لأننا لا نستطيع أن نتحدث بأي درجة عالية من اليقين ونقول ما النتائج المتوقعة في المناخ بسبب نشاط بعينه. ومن ثم فإن الموقف، كما قلت، هو تقرير باحتمال حدوث أشياء مادام الأمر متعلقا بالحـوارات العامة. ومادام العلم المختص شـديد التعقـد وربما لا يفهمه جيدا أي امرئ من خـارج الدائرة الضيقة من الخبراء. كذلك فإن الطرق المعياريـة للثقة فـي، والمصادقة على، نماذج الـدورة الكوكبية يمكن بالمثل أن تعطي نتائج ملتبسـة. إننا إذا ما سـألنا: هل تعطينا وصفا دقيقا لعالم الواقـع فإن الإجابة بأنها تحقق نتائج جيدة في مجالات، وليسـت بالقدر نفسـه من الجودة في مجالات أخرى. وإذا حدث على سبيل المثال وطلبت منها «التنبؤ» بحالة المناخ على مدى القرن العشـرين فإنها تعجز عن ذلك من حيث المبدأ. هذا على الرغم من أن بإمكانها تقديم نبوءات معقولة عن طريق تعديل عدد من ثوابت المعادلات المختلفة.

دلالات تعليمية

يمكن أن نستخدم مشكلة الاحترار الكوكبي كحالة تمثل نموذجا إرشاديا للدلالة على علم المستقبل، ونسأل عن أنواع المعادلات التي سيكون طلابنا في حاجة إليها للتعامل معها عن فهم وذكاء. يبدو واضحا أننا لا نسـتطيع أن نتوقع أن يبني كل امرئ نموذجا للدورة الكوكبية خاصا به، ولا أن يتحقق بنفسه من التنبؤات التي قال بها العلماء. كذلك ليس لنا أن نتوقع أن يكون كل امـرئ مطلعـا - بناء على دراسـة وتجربة - علـى تفاصيل المقاربات المختلفـة التي يجري تلقيمها للنماذج. إن أغلبية العلماء (ومنهم المؤلف) لا يعرفون - حقيقة - كثيرا عن هذا. لذلك علينا أن نفكر بشأن ماهية أنواع القضايـا، تحديدا، التي نريد من مواطنينا المتوسـطين أن يكونوا قادرين على معالجتها والتعامل معها.

وأعتقد أن المهمة التعليمية الأخطر شـأنا هي التأكد من أن المواطنين المتوسـطين يعرفون أي أنواع الأسـئلة التي ينبغي أن يسألوها في موقف بعينه. مثال ذلك أنه في حالة الاحترار الكوكبي يمكننا تناول هذه المشـكلة

عـــن طريق التفكير في القضايا العلميـــة، باعتبار أنها مؤلفة من مجموعة أســئلة متعددة الطبقات، وأن كل طبقـــة أكثر عمومية من الأخيرة. ويتعلق الســؤال الأساســي الأول بالمدخلات الفردية في نموذج الحاســوب، مثل سؤال: هل حصلنا على تقديرات صحيحة لتغيرات الجليد في البحر؟ هذا ســؤال علمي محض، ولعل الأفضل تركه للخبراء. ويتضمن الثاني ســؤالا عمـــا يحدث عند تلقيم هـــذه المدخلات في نموذج الـــدورة الكوكبية: هل النتائج النهائية ســتكون حساسة إزاء أي شكوك مهما كانت عند المستوى الأول؟ كم عدد القيم الثابتة للفواصل التي اكتُشفت، وهل تكفي؟ الإجابات عن هذه الأســئلة تبدأ بإفادتنا عن كمية اليقين الذي سوف نلقمه لتنبؤات نموذج الدورة الكوكبية. ونواجه عند المســتوى الثاني مشكلة المصادقة: هل الأوصاف التي لقمناها للحاســوب عــن العالم تضاهي العالم الذي نعيش فيه فعليا؟ وهذا سؤال سيدور الجدل العلني بشأنه بين العلماء، وهو جدل يمكـــن للمواطن العادي أن يتابعه. وأخيرا ســنضطر إلى مواجهة ما يمكن القول إنه المشــكلة الأصعب قاطبة: مع التسليم بأن مناخ الأرض في تغير دائم، فما قدر الاحترار الراهن الذي يرجع فعليا إلى النشـــاط البشـــري؟ إننـــا بعـــد أن نفرغ من هذا كله يمكن البدء في التعامل مع خط الأســـاس الحقيقـــي: ماذا عســـانا أن نفعل (أو ألا نفعل) بشـــأن الاحترار الكوكبي؟ إن القضايا البارزة ســتكون موزعة على طبقات وفق هذا الوضع من دون اعتبار لمدى تعقد العلم الداعم للجدل الذي سيدور مستقبلا.

ترى ما المعارف الأساســية التي يحتاج إليها المواطن المتوسط للتعامل بنفســه مع هذه القضايا متعددة الطبقـــات؟ طبيعي أن أول ما يحتاج إليه هو معرفة ما يكفي عن العلم الأساسي الخاص بفهم كيفية إنتاج التنبؤات عـــن الاحترار الكوكبي، وأن يتوافر لديه بعض الفهم عن مظان الشـــكوك المختلفة ومصادرها. وينبغي أن يعرف أيضا ما يكفي عن مناهج العلم لكي يفهـــم أنه حتى لـــو كان العلم عاجزا عن تقديم إجابات يقينية عن أســئلة مهمـــة الآن فورا، فإنه على الرغم من هذا يمكن أن يوفر لنا الطريق الذي يرشـــدنا إلى اتخاذ القرار، ومن ثم إلى تكوين صورة تنطوي على أقل قدر ممكن من عدم اليقين. وحري به، في النهاية، أن يكون في مقدوره التعامل

مع التنبؤات العلمية بالإحساس نفسه إزاء الشك العقلاني الذي يمكن أن يلوذ به عند معالجة تنبؤات أخرى غير يقينية من مثل تنبؤات علماء الاقتصاد وعلماء الأرصاد الجوية. إذ واقع الأمور أن الناس قادرون تماما على التعامل مع الشك عند اتخاذ قرارات عامة. وإن كانوا يفعلون ذلك دائما وأبدا في مجالات غير علمية. ولهذا لا أرى سببا يجعل الشخص العادي عاجزا عن تناول القضايا العلمية المعقدة بالأسلوب نفسه، وأن يضع في الاعتبار الرأي الخبير، ويحافظ في الوقت نفسه على قدر صحي معقول من الشك.

ولكن ما القضية التي لها الصدارة اليوم؟ أو بعبارة أخرى: ماذا عن الحاجة إلى اتخاذ قرار مباشر في مواجهة حالة عدم اليقين؟ أؤكد هنا أنه بمجرد أن يتوافر لدى الطلاب الإطار الأساسي الذي سميته المعارف الأولية العلمية سيكون يسيرا عليهم نسبيا فهم طبيعة عمل النموذج الحاسوبي. وأنه من السهل أيضا، نسبيا، أن نعلمهم الحكم على الثقة المرجعية النسبية لمختلف المشاركين في أي حوار علمي. أو لنقل بعبارة أخرى: إن وجود حالة من عدم اليقين قد تزيد من صعوبة اتخاذ قرار، ولكن يجب ألا تحول بيننا وبين اتخاذ أحكام تقريبية. وأرى أنه إذا توافرت للمواطن المتوسط هذه الخلفية الأساسية فإن الوقت يكون قد أزف لكي يلتزم العلماء بموقف عدم التدخل وليدعوا الناس يُعْمِلون عقولهم ويفكرون في استقلال. وهذا في الختام هو كل ما تعنيه الديموقراطية.



12

طريق الأفكار الكبرى إلى المعارف الأولية العلمية

«لا أحد منا يعرف من الآن ماذا ستكون موضوعات الحوار بعد عشرين عاما. ونحن على يقين من أن أحدا لم يكن بوسعه، منذ عشرين عاما، أن يتنبأ بالنقاشات الدائرة الآن عن الهندسة الوراثية أو عن الخلايا الجذعية. ولكن أيا كانت موضوعات الحوار التي ستجرى مستقبلا أستطيع أن أضمن أنها ستكون مرتبطة بالإطار العام للأفكار الكبرى»

المؤلف

قبل أن أسطر حرفا واحدا في هذا الكتاب بعدة أشهر كنت انتقلت أنا وزوجتي إلى بيت جديد في إحدى الضواحي الجديدة قرب جامعة جورج ماسون. وحيث إنني عملت في السابق عامل بناء، فقد استمتعت بالمشي حول المكان أرقب البيت وهو يعلو، وأثرثر مع البنائين، وأؤدي دور المشرف الذي يقف على الرصيف حتى يكتمل البناء. لكن ليس عليك أن تفهم أعمال البناء لكي تحسن تقييم أحد عناصر العملية: ليس مهما كيف أصبح البناء في نهاية المطاف جميلا يسر الناظرين، ومعقد التركيب. إذ إن كل مشروع يبدأ بوضع أساسات متينة. قد تكون جدرانا أسمنتية لطابق سفلي

محفور له تحت الأرض، أو دعامات من الحديد تُغرس لتكون قاعدة، أو مجرد بلاطة خرسانية، ولكن كل شيء من هذا لا بد من أن يكون موجودا أولا لكي نمضي ونكمل العمل.

إن المعارف الأولية العلمية أو المعلومات الأساسية عن العلم، التي يحتاج إليها الناس لأداء دورهم كمواطنين، ولكي تتوافر لديهم القدرة على تقييم العالم من حولهم، لها في تعلم العلم الدور نفسه الذي للأساسات والدعامات الأسمنتية لبناء البيت، ولكي يعلو طبقات من حولي. ومن ثم يتعين أن تتوافر المعارف الأساسية عن العلم وتحتل مكانها الصحيح قبل أن يتحدث المرء عن مفاهيم أكثر تقدما، تماما مثلما يجب أن تكون أساسات البناء في موضعها قبل أن نبني بقية البيت. وعندي أن من يدفعون بأن علينا أن نُعلِّم الطلاب المنهج العلمي أو أن نغرس لديهم عادة العقل العلمية إنما هم في الواقع يحاولون بناء البيت قبل إرساء الدعامات.

إن الناس عليهم أولا، قبل الشروع في التفكير نقديا بشأن أي موضوع من موضوعات علم ما، أن يعرفوا شيئا عن هذا العلم. مثال ذلك، لا معنى لأن نحاول تعليم الطلاب التفكير النقدي في الاحترار الكوكبي إذا كانوا لا يعرفون أساسيات توازن الطاقة لكوكب الأرض. وفي النهاية لا يستطيع المرء أن يفكر نقديا في «لا شيء»، إذ إن المفاهيم التي نتناولها بالتفكير يجب أن تكون ضمن ترسانتك الذهنية قبل الشروع في التفكير فيها. وتمثل هذه الفكرة المنطق الأساسي للمعارف الأولية الثقافية أو محو الأمية الثقافية، والتي ناقشناها تفصيلا في الفصل الأول.

وأريد في هذا الفصل أن أتحدث عن طريقة طبيعية لبناء هذا الأساس لجميع طلابنا، ثم ننتقل بعد ذلك إلى التفكير بشأن كيف سيكون شكل البناء حين يكتمل في نطاق اهتمامنا بتعليم العلم.

طريق الأفكار الكبرى إلى المعارف الأولية العلمية

عندما أفكر في الاسم الذي أحب أن أطلقه على النظرة العلمية إلى العالم أجد نفسي في الغالب أستخدم صورة شبكة العنكبوت كنظير لها. إذ توجد حول حواف الشبكة جميع ظواهر الكون الفيزيقي (شواطئ بحار

وكرات البيسبول ونجوم وعناكب وأشجار اليوسفي وأبراج... إلخ). ابدأ من أي نقطة من الشبكة وابدأ في أسئلتك. ما هذا الشيء؟ كيف يعمل؟ ما علاقته بما حوله؟ وعليك وأنت تستطرد في هذا أن تشق طريقك إلى داخل جسم الشبكة لتستكشف روابط غير متوقعة على طول الطريق. سوف تكتشف - على سبيل المثال - أن وميض البرق والقوة التي تسمح لمغناطيسات زخرفية بالاحتفاظ بأوراق الملاحظات مثبتة على الثلاجة جميعا مترابطة، وأن الاثنين مرتبطان بالكهرباء التي تسري داخل البيت والضوء الذي ينير لك المكان. وبعد أن تكون قد أكملت عمليا طريقك إلى منتصف الشبكة ستجد عددا قليلا من المبادئ العامة التي، إذا أخذتها معا، تفسر لك عمل الكون كله. لك أن تسميها المبادئ الكونية الأساسية، أو الأفكار الكبرى، أو سمها ما شئت، فإنها هي اللب والهيكل العام لأسلوب العلماء في النظر إلى العالم. إنها هي التي تعطي نظرتنا إلى الكون شكلها وصورتها.

إن هذه التراتبية الطبيعية الهرمية في تنظيم العلوم توحي لنا بنهج لتعليم العلم تأسيسا على الأفكار الكبرى. وسوف أضع فيما يلي قائمة صريحة بهذه الأفكار. وتؤلف هذه الأفكار معا بنية فوقية لصرح العلم. إنها الإطار العام الذي نثبت به كل شيء آخر، أي مثل الجدران والنوافذ التي نثبتها بدعامات الصلب في ناطحة سحاب. وإني على اقتناع كامل بأن أي شخص توافر لديه هذا الإطار - أعني بعبارة أخرى امتلك ناصية الأفكار الكبرى - سيكون مثقفا علميا إذا توافرت لديه المعارف العلمية الأولية.

وحيث إن بالإمكان تصور الأفكار الكبرى في صورة هيكل عام فكري، فإن هذا يعطي مرونة كبيرة في التفاصيل بشأن كيفية عرض الموضوعات التي هي خاصية مفيدة لأي مخطط تعليمي. وأجدني حين أريد توضيح هذه الفكرة أتحدث عن خبرة عشتها وقتما كنت عاكفا على الطبعة الأولى من كتاب «العلوم: نهج موحد» (انظر الفصل الثامن). وافق عدد من المعلمين في أنحاء مختلفة من البلاد على التدريس تأسيسا على المسودة الأولى، وعمدت أنا وشريكي في التأليف روبرت هازن إلى عمل جولة لزيارة قاعات الدرس التي يدرسون فيها. وهكذا وجدت نفسي داخل قاعة درس في جامعة دوربول في شيكاغو أستمع إلى لين ناراسيمان أستاذ الرياضيات يلقي درسا عن العلم الزائف على فريق يضم نحو 20 من معلمي المستقبل.

واقترحنا في الكتاب تجربة بسيطة (سبق عرضها في الفصل الأول) لاختبار التنجيم، إذ أعطينا الطلاب جدول الطالع الخاص باليوم السابق وطلبنا من كلٍ أن يختار الطالع الذي كان يمكن أن يكون المشورة الأفضل له في اليوم السابق عليه. ولاحظنا أن بالإمكان أن يقع أحد الطلاب من بين الاثني عشر طالبا على الإجابة «الصحيحة» بالمصادفة. ترك ناراسيمان الطلاب يجرون التمرين ويفرغون منه ويحصل على النتيجة المتوقعة، ثم حوَّل قاعة الدرس إلى تدريب مذهل - على مدى ساعة - عن مفهوم المصادفة، ودار النقاش الذي كان مقدمة دخل الطلاب من خلالها إلى الأفكار الأساسية لمعنى نظرية الاحتمال.

والفكرة الأساسية من هذا المثال أن الأغلبية العظمى منا لن يحدث لها مطلقا (وأنا بكل تأكيد) أن تستخدم التنجيم بهذه الطريقة. لكن ماذا لو تصورت أن هذا الاستخدام المميز للأفكار الكبرى لا يهم، ذلك لأن المنظومة تسمح لكل معلم بأن يستحضر خبرته الخاصة واهتماماته الخاصة بالموضوع المطروح. وهكذا يثبت كل معلم أفكاره الخاصة في الإطار العام الذي صاغته الأفكار الكبرى.

أخيرا، ثمة خاصية مهمة تشترك فيها الأفكار الكبرى مع آراء أخرى ترتبط بالمعارف الأولية الثقافية. لا أحد منا يعرف من الآن ماذا ستكون موضوعات الحوار بعد عشرين عاما، ونحن على يقين من أن أحدا لم يكن بوسعه منذ عشرين عاما أن يتنبأ بالنقاشات الدائرة الآن عن الهندسة الوراثية أو عن الخلايا الجذعية. ولكن أيا كانت موضوعات الحوار التي ستجرى مستقبلا أستطيع أن أضمن أنها ستكون مرتبطة بالإطار العام للأفكار الكبرى.

وسوف أورد قائمة بالأفكار الكبرى وأناقشها بالترتيب ضمانا للفاعلية من وجهة نظر تربوية.

الكون منتظم ويمكن التنبؤ بأحداثه

هذا المفهوم هو بمعنى ما شرط ضروري لممارسة العلم. إنك إذا ألقيت بالكتاب الذي بين يديك ليسقط مثلما يعلو إلى فوق، فإنك لن تستطيع أن تتكلم البتة عن تطبيق المنهج العلمي، ذلك أن المنهج رهن

فكرة أن التجارب أو الملاحظات المتكررة تعطي النتيجة نفسها. وهذا هو السبب في أننا نكتشف الانتظام في الطبيعة ونصوغ النظريات. وتعتبر قوانين الحركة عند نيوتن وكذا قانون الجاذبية الكونية مثالين رائعين لما يحدث عندما نسمح لهذه الفكرة العظيمة بأن تتجلى في عالم الواقع.

ودارت خلال السنوات الأخيرة بعض الحوارات كان من ثمرتها أن ميلاد نظرية الشواش أكد صواب هذه الفكرة العظمى تحديدا. وأعتقد أن سبب ظهور هذه الحجة أن الناس لا ينتبهون إلى المواضع الدقيقة الخاصة بطبيعة المنظومات الشواشية. وليسمح لي القارئ باستطراد قصير أوضح معه هذه النقطة.

تعتبر المنظومة شواشية إذا كان تحريكها من موقفين أولين منفصلين، لكن على صلة وثيقة من البداية، يؤدي إلى ناتجين نهائيين مختلفين اختلافا واسعا. مثال ذلك: شريحتان من الخشب موضوعتان جنبا إلى جنب فوق أعلى مجرى نهر جارف شديد الانحدار سوف تتباعدان كثيرا إحداهما عن الأخرى عند وصولهما إلى الجانب الأدنى للمجرى المائي. ومن ثم فإن التنبؤ بسلوك منظومة شواشية يستلزم توافر معلومات دقيقة - أن تكون أساسا دقيقة دقة لا نهائية - عن نقطة انطلاق المنظومة. ويستطيع المرء في الحقيقة - تأسيسا على هذه المعلومات - أن يحسب سلوكها المستقبلي بدقة. لكن سيكون هناك بوجه عام قدر من عدم اليقين في تلك المقاييس الأولية، وهذا بدوره يعني أن المرء لن يستطيع عمل مثل هذه الحسبة. أو بعبارة أخرى، على الرغم من أن بالإمكان - من حيث المبدأ - التنبؤ بالمنظومات الشواشية فإنه في الممارسة العملية ليس بالإمكان على الأرجح التنبؤ بها.

ولا يعني ظاهر المنظومات الشواشية استحالة أن نعرف أي شيء عنها. إن الغلاف الجوي المحيط بالأرض، كمثال، ربما يكون شواشيا، لكننا نستطيع استخدام النماذج الحاسوبية لاستنتاج تنبؤات جيدة إلى حد كبير عن حالة الطقس على المدى القريب.

طاقة المنظومة المغلقة محفوظة

الحرارة لا تسري تلقائيا من جسم بارد إلى جسم ساخن

هاتــان العبارتان على التوالــي نعرف أنهما القانــون الأول والقانون الثانــي للديناميكا الحرارية، وتصفان طبيعــة وحركة الطاقة. مثال ذلك أن القانــون الأول في صيغتــه البديلة (الطاقة لا تفنى ولا تســتحدث) يشــكل الأســاس للعلم الخاص بالاحترار الكوكبي. ويفيدنا بأن الطاقة التي تحتفظ بها غازات الدفيئة لا تتبدد. إنها تســري إلى مكان ما، وهي في هــذه الحالة احترار الكوكب. وتتعلق العبــارة الثانية بواقع أن الكون (أو أي منظومــة مغلقة وفق موضوعنا هنــا) في مجموعه يزداد فوضى بمــرور الزمن. ونجد تجليات غير متوقعة لهــذا القانون يوميا. إنه يقول لنــا كمثال: إننا إذ نحرق الفحم لتوليد الكهرباء فإن ثلثي الطاقة الكامنة فــي الفحم يتعين بالضرورة إفراغهما والتخلص منهما في البيئة كحرارة مفقودة، أي عادم.

معادلات ماكسويل تحكم الكهرباء والمغناطيسية

تحمل هذه المعادلات اســم عالم الفيزياء النظرية الأسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل (1831 - 1879)، إذ إنه أول من أثبتها. وتفيدنا، كمثال، بأن هناك نوعية من الشحنة الكهربية حيث الشحنات المتماثلة تتنافر بينما غيــر المتماثلة تتجاذب. وتفيدنا أيضا بأن الشــحنات الكهربائية المتحركة (أي التيار) تتولد عنها مجالات مغناطيســية (المبدأ الأساســي لتشــغيل المحــرك الكهربــي) وأن تغيير المجالات المغناطيســية تتولــد عنه تيارات كهربية (مبدأ التشــغيل الأساســي للمولدات). علاوة على هذا اســتخدم ماكسويل هذه المعادلات للتنبؤ بوجود موجات ابتداء من الموجات اللاسلكية والمايكرو ويفز، وصولا إلى أشــعة إكس. والمعروف أن البحث هو الذي قاد إلــى هذه المعــادلات التي أنتجت المجتمع المعاصــر المعتمد على الكهرباء. وكانت أيضا الخلفية الأساســية للملاحظة التــي تنبه لها فاراداي وأبلغها إلى رئيس الوزراء (إذ قال ســوف تســتطيع يوما جباية ضرائب مقابلها)، والتي أوردناها في الفصل السابع.

المادة مؤلفة من ذرات

تتعلق هذه الفكرة الكبرى بالبنية الأساسية للمادة في الكون. نعرف أن هناك تاريخا طويلا للجهد والعمل منذ أيام التأمل الإغريقي قديما، وصولا إلى النظرية الذرية الحديثة المؤسسة على المعلومات والتي قادتنا إلى هذه الرؤية النافذة المميزة. وهذه أيضا أولى الأفكار الكبرى التي لاتزال مفتوحة النهاية قابلة للإضافة والتعديل. إذ منذ أن بدأ البحث على أيدي الفلاسفة الذريين الإغريق تواصل وامتد وصولا إلى الفيزياء النووية وفيزياء الجسيمات والكواركات وربما ننتقل مستقبلا إلى أمور أخرى مثل الأوتار.

وحري بنا أن نفكر على النحو التالي: في مطلع القرن التاسع عشر قدم عالم الكيمياء البريطاني جون دالتون الفكرة الحديثة عن الذرة. وحرص دالتون على الاحتفاظ بمعنى الكلمة اليوناني (ما لا يمكن تقسيمه)، لهذا رأى أن الذرات غير قابلة للانقسام. وإذا تصورنا الذرات في رأي دالتون مثل كرات البولينغ فلن نبعد عن الواقع كثيرا. لكن مع مطلع القرن العشرين عرفنا أن الذرات ذات بنية داخلية مركبة، إذ بداخلها إلكترونات تدور في مدارات حول نويات ثقيلة. واكتشفنا بحلول منتصف القرن العشرين أن المئات من مختلف أنواع الجسيمات قصيرة العمر موجودة داخل النواة. وبعد ذلك بفترة قصيرة عرفنا أن ما كنا نسميها جسيمات أولية هي ذاتها مؤلفة من أشياء أكثر أولية، أشياء سميت كواركات. ويرى العلماء النظريون اليوم أن الكواركات ذاتها يمكن أن تكون تجليات لجسيمات أصغر وأكثر تعقدا يسمونها الأوتار. ولايزال البحث ماضيا على قدم وساق لفهم البنية الأساسية للكون، وهذا هو ما أسماه عالم الفيزياء ستيفن واينبرغ «أحلام بنظرية نهائية» في كتاب له يحمل الاسم نفسه.

خصائص المواد رهن التطابق، والترتيب، وتلازم الذرات المكونة لها

بمجرد أن يعرف المرء أن كل الأشياء المادية مصنوعة من ذرات يمكنه البدء في الحديث عن تكوين العدد اللانهائي من المواد حولنا، ابتداء من أجسامنا وحتى الشرائح الصغرى (المايكرو)، ووصولا إلى المعادن و«البلاستيكات» (اللدائن) في السيارة. وعلينا أن نفهم كيف

تتجمع الذرات معا، وتشـكل روابط في تفاعـلات كيميائية، لنفهم أنواع الخصائص - الميكانيكية والكهربية والمغناطيسـية - التي تتميز بها المواد الناتجة عن ذلك.

وثمة جانـب مهم بوجه خاص لهذا الموضوع، ألا وهو سـلوك أشـباه الموصـلات، وهي المواد شـبه السـليكونية عمـاد الصناعـة الإلكترونية الحديثة. ويشير الاسـم إلى أنها ليست موصلات حقيقية (مثل النحاس) ولا هي مواد عازلة (مثل المطاط)، لكنها شـيء بين الشـيئين. ويتضح أن هذه الخاصية سمحت لنا بممارسة سيطرة كاملة على التيارات الكهربية. وأدت هذه الحقيقة إلى اسـتحداث الترانزستور ثم أخيرا الحواسيب وكل الاقتصاد الرقمي الحديث القائم على المعلومات.

في عالم الكوانتم لا نستطيع قياس شيء دون تغييره

مـع ميكانيكا الكوانتـم ندخل عالما غريبـا تميزت به فيزيـاء القرن العشـرين. إذ لأول مـرة في التاريخ نلتقي ظواهـر لا تتطابق مع النموذج الإرشـادي المألـوف الذي قال به نيوتن. وهذا إذن المـكان الرائع للحديث عن التغيرات: كيف تحدث في العلوم كاملة النضج المسـتقرة. ليس علينا، كمثال، أن ننحي جانبا ميكانيكا نيوتن لأنها لا تنطبق على ما يجري داخل الـذرة، بل علينا بدلا من ذلك أن نعترف بأننـا إذا طبقنا قوانين الكوانتم على كرات البيسـبول وسـفن الفضاء فإن القوانين الجديدة غير المألوفة تختزل إلى القوانين الجديدة المألوفة. معنى هذا أن القوانين كاملة النضج تنمو بالتراكم، شأن حلقات جذع الشجر، إذ تضيف أفكارا جديدة من دون إبدالهـا بالقديمـة. لم يعد العلم يتغير عن طريـق إحلال علم بآخر - أي الإبدال، وهذا درس مهم في الفلسفة.

بعد أن فرغنا من هذا أود أيضا أن أقول إن ميكانيكا الكوانتم والنسبية (انظـر ما يلي) وإن كانتا مذهلتين فكريـا، فإنهما مجالان يتعاملان مع ميادين بحث بعيدة عن الخبرة اليوميـة، لذلك فإن الاحتمال الأكبر ألا يصادفهمـا الناس في حياتهم عند أداء دورهم كمواطنين. لهذا يجب أن نفكر في هذه الموضوعات باعتبارها مثالا للعلم من حيث هو ثقافة، مثل

مناقشتنا في الفصل الرابع. وحجتنا هنا أن هذه المجالات ينبغي أن تكون جزءا من الرصيد التقاني للمرء تماما مثل التاريخ الأوروبي في العصر الوسيط.

قوانين الطبيعة واحدة في جميع الأطر المرجعية

وتعرف هذه بمبدأ النسبية، وتمثل الأساس لنظريات آينشتين الشهيرة. وظواهر النسبية مثيرة للدهشة: الساعات المتحركة في المكان تبطئ، ولا شيء يتحرك أسرع من سرعة الضوء، $E=mc^2$ وكل ذلك. لكن النسبية، مثلها مثل ميكانيكا الكوانتم، تعالج أمورا بعيدة تماما عن الخبرة اليومية.

نواة الذرة تحتوي على طاقة كبيرة

النواة مؤلفة من جسيمات مصنوعة من كواركات...

تدخل نواة الذرة نطاق المعارف الأولية العلمية من مجالات عديدة. إنها موجودة في الطاقة النووية (الانشطار والالتحام على السواء) والنشاط الإشعاعي، واستخدام العناصر الاستشفافية للنشاط الإشعاعي radioactive tracers في الطب. والتخلص من النفايات النووية، وهذا قليل من كثير. ويحتاج الناس لفهم مناقشة تدور عن هذه القضايا إلى معرفة أمور أساسية عن كيفية تجمع الذرات معا، وكيفية استخراج الطاقة الكامنة فيها. وبمجرد أن نفرغ من هذا المستوى نزولا إلى الجسيمات الأولية والكواركات والأوتار التي ناقشناها فيما سبق ندخل ثانية في نطاق يجد فيه الناس اهتماما كبيرا، لكن نطاق تطبيقاته الراهنة في العالم اليومي قليلة.

النجوم تحيا وتموت مثل كل شيء آخر

بدأ الكون وهو في حالة حرارة وكثافة منذ نحو 14 مليار سنة، وهو في توسع مطرد.

تدخل هذه الأفكار في ميادين بحث يسميها علماء الفلك ديناميكا المجرات والكوزمولوجيا (مبحث نواميس الكون)، وتبحث هذه على التوالي في مكان الشمس (ومن ثم الأرض) في الكون. وهذه الموضوعات،

مثلها مثل النسـبية وميكانيكا الكوانتم، تحظى باهتمام قليل في الحياة اليومية، لكن يمكن تصورها على أنها موضوعات جوهرية للبنية الثقافية لكل شـخص متعلم. ونحن نعيش في مجتمـع نطالع فيه كما كبيرا من روايات الخيال العلمي (الجيد منها والرديء)، حيث ينفق المجتمع بشكل منتظم عشـرات المليارات من الدولارات كل عام من أجل كشـف واحد فـي الفضاء، لذلك نقول إنها تزودنا بقدر من الخلفية الأساسـية من المعارف عند مناقشة الميزانية. كذلك، وفي الاتجاه نفسه، فإن مناقشة مـا عن حياة وأعمار النجوم يمكـن أن تدخل بنا إلى مجال المتجددات العظمى Supernovae (*) والثقوب السوداء (وهي موضوعات على قدر كبير من الأهمية).

سطح الأرض في تغير دائم

جاء ميلاد نظرية الصفائح التكتونية (صفائح أو ألواح عناصر القشرة الأرضية) وصورة عمل الأرض لدينا الآن في سـتينيات القرن العشـرين. وهذه النظرية من أفضل الأمثلة التي توضح لنا كيف أن المعلومات الجديدة قـوة دافعة لتغيـر العلم. إذ إنه في خلال بضع سـنوات تخلى كل المجتمع العلمـي المعني بعلم الأرض عن الأفكار الثابتة القديمة وانتقل إلى الصورة الديناميـة الجديـدة عن كوكب الأرض. ونجد في هذه الصورة أن سـطح الأرض مؤلف من بلاطات أو ألواح بسـمك ما بين 30 و50 ميلا، نسميها صفائح. وتتحرك هذه الصفائح في اسـتجابة لسـريان الحرارة (الغليان) في الباطن العميق. ونتيجة لذلك، فإن الصفيحة الممثلة لأمريكا الشمالية والممتدة من منتصف الأطلسي وحتى كاليفورنيا تتحرك مبتعدة عن أوروبا بمعدل عدة بوصات كل سنة. ولذلك فإن خصائص سطح الأرض في حالة تغير دائم، ولا يوجد شيء أبدي.

وبعد أن أكدنا أن لا دوام لأي شـيء ابتداء من الجبال وحتى المحيطات (وهـذا مفهوم مثير للدهشـة لدى أغلبية الناس)، يمكـن لنا أن نتّخذ من هذه المناقشـة نقطة انطلاق إلى بقية أجرام المجموعة الشمسية (إذ لماذا

(*) نجم متفجر فائق التوهج تنطلق مع تفجره كمية كبيرة من الطاقة. [المترجم].

تكون الأرض مختلفة؟) والكواكب الموجودة خارجها (أي شيء آخر هناك؟). وهذان مثالان ممتازان للدلالة على ظاهرة تثبيت الأمور في نطاق الإطار العام الذي حددته الأفكار الكبرى.

وأذكر - كمسألة جانبية - أن فهم حقيقة أن الأرض في تغير مستمر يساعد الطلاب على تجنب اتجاه من أسوأ الاتجاهات التي أراها دائما عند مناقشة أمور البيئة. وأسمي هذا الاتجاه «زيف اللقطة أو الصورة الواحدة». وتقضي هذه الفكرة بأن كل مظهر من مظاهر الأرض كان على حاله دائما منذ أن أدركه الإنسان الأول، وبأن أي تغير يمثل نوعا من الكارثة.

الأرض تعمل في دورات

أحب أن أتخيل الأرض في صورة ماكينة عملاقة لها جميع أنواع العجلات والطاقة التي تسري داخلها. العجلات هي الدورات العظمى فوق سطح الأرض. ودورة الصخر، التي تعمل على مدى مئات الملايين من السنين مع خروج صخر منصهر جديد إلى السطح، تتعرض للعوامل الطبيعية لتنتج صخورا رسوبية، ثم تعود ثانية إلى ما تحت القشرة الأرضية. وتعمل الدورة الهيدروليكية على مدى عقود وقرون مع بخر الماء، وتتحول إلى كتل أو جبال جليدية أو تتفكك وتذوب لتفيض في تيارات المحيطات الكبرى. وتمثل العجلة الثالثة دورة الغلاف الجوي، وتعمل على مدى أسابيع أو أشهر، وتتسبب في التغيرات اليومية للطقس. وتعمل هذه الدورات معا في تزامن، وتؤثر كل منها في أعمال الدورات الأخرى. وفي أثناء هذا كله تتواصل الطاقة الوافدة إلى الأرض في صورة ضوء الشمس لتزود بالطاقة المنظومات الحية وتتوزع في اتجاه القطبين من خط الاستواء، عن طريق كل من المحيطات والغلاف الجوي.

يصبح الطالب، بفضل هذه الخلفية، مهيأ للنظر في مشكلات البيئة - من مثل المطر الحمضي وثقب الأوزون - وهي مشكلات تصادف الناس كثيرا في حياتهم وتتطلب حلا. هذا علاوة على مسائل أخرى مثل الاحترار الكوكبي الذي يدور بشأنه حوار ساخن.

الكيمياء عماد الحياة

سلوك الجزيئات في المنظومات الحية رهن شكلها

تمثـل العبارة الأولى واحدة من أعظم إنجازات العلم في القرن الـ 19. ونحن نفهم الآن أن السـبب الرئيسـي في اختلاف البشر عن غيرهم من الكائنات العضوية الحية هو أن خلايانا تجري ردود أفعال كيميائية مغايرة عن ردود أفعال الكائنات الأخرى. وتركز البيولوجيا الحديثة جهودها على دراسـة الحياة على المسـتوى الجزيئي. وهذه حقيقة ربما تجعل الموضوع صعبـا على طلاب كثيرين. لذلـك وجدت من المفيـد أن أقدم التصنيف الليـنيانـي (*) المعياري للحياة على الأرض قبل أن تسـتغرقنا الميكانيزمات الجزيئية التي تجعلها تعمل.

ولا نكاد نكون عند المسـتوى الجزيئي حتى نرى أن الفكرة الأساسـية المفتـاح هـي أن الذرات، وليسـت الجزيئـات، هي التي تشـكل الروابط الكيميائيـة. وتقودنا هذه الحقيقة طبيعيا إلى فكرة أن الجزيئات يتعين أن تتشـكل، ومن ثم فإن الذرات ذات الصلة يمكن أن يقترب بعضها من بعض بفعل التفاعلات الجزيئية المختلفة. وهذا لا يمثل مفهوما صعبا على إدراك الطلاب، خصوصا إذا طلبنا منهم أن يفكروا في المواقع النشطة وتصورها فـي صورة مناظرة لنسـيج التثبيت فيلكرو (**). وبعـد أن نفرغ من هذه الفكرة يمكن عرض فكرة أن الأنزيمات تسهل التفاعلات، وأن هذه بدورها تفضـي إلى فكرة أن البروتينات هي التي تعمل كقوى العمل الكيميائية في المنظومات الحية.

كيمياء الحياة مسجلة في شفرة داخل الدنا DNA

سـمع جميع الطلاب عـن الدنا DNA، لكن دخولهـم إلى موضوع البناء اللولبي المزدوج المعروف سـيعرضهم لمشـكلات قليلة. إن عمليتي النسـخ replication (إنتـاج نسـخ مطابقة) والانتسـاخ الجيني gene

(*) نسـبة إلى كارلـوس لينيان (1778 - 1807) السـويد، ويرجع إليـه التصنيف البيولوجي الحديث الذي قسم الأنواع وفق السمات الفيزيقية المشتركة [المترجم].

(**) Velcro: اسم علامة تجارية لنسيج للتثبيت من طبقتين، وحين نضغط قطعتين من النسيج معا تلتصقان معا بقوة [المترجم].

transcription (النقل من صفائح الشـفرة الوراثية) توضحان فكرة أن شـكل الجزيئات (القواعد في هذه الحالة) هو الذي يحدد كيف تجري هذه العمليات.

ووجـدت أن من الأفضل أن أسـتهل بفكرة بسـيطة، وهـي أن جينة واحدة - جزءا من الدنا - تحمل الشفرة لإنتاج بروتين واحد، يسبب بدوره رد فعل واحدا داخل الخلية. وبمجرد اسـتيعاب هذه الفكرة يكون يسـيرا نسـبيا أن نضيـف كل ما يجعل الخلايا المعقدة مثـل خلايانا مختلفة عن خلايا البكتريا البسـيطة. وهنا أيضا المكان المناسـب للحديث عن وجود ميكانيزمات داخل الخلية، من شـأنها أن تنشـط أو توقف الجينات، وأن عملية نمو الكائن العضوي الحي تشتمل على خلايا توقف فعل الجينات في اتجاه التخصص. مثال ذلك أن كل خلية في جسـدك بها جينة للأنسولين، ولكن يوقف نشاطها في جميع الخلايا باستثناء عدد قليل في البنكرياس. ويزودنا هـذا المفهوم بدوره بمدخل جيد إلى القضايا السـاخنة الخاصة بالخلايا الجذعية والاستنساخ cloning.

تشترك جميع الكائنات الحية في شفرة جينية واحدة

هـذه واحدة من أقوى الحجج المؤكدة للتطور. لكنها - علاوة على هذا - تمثل حقيقة بسـيطة وتزودنا بقاعدة علمية تفيد في الهندسة الوراثية. وأعتقـد أن هذه العبارة تعبر أيضا عن حقيقة مهمة عن المنظومات الحية الموجودة على سطح كوكبنا. إذ إنها تشتمل على المعلومات التي توضح كيف أصبحت على ما هي عليه، وإلى أين ستؤول حالها مستقبلا.

إن مـا أذهلني عند اسـتماعي للحـوارات الدائرة عـن البيئة هو قلة الاهتمام بالفكرة القائلة: إنه وبسبب النشاط البشري ربما يختلف التكوين الجيني للنباتات والحيوانات في المستقبل القريب. وسيكون اختلافا كبيرا عمـا هو الآن. مثال ذلـك أن علماء البيولوجيا يتحدثون عن اسـتجابات النباتات إزاء ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ويقولون إن هـذا أدى إلى أن بعض النباتات قللت مـن امتصاصها للكربون عندما توافرت منه كميات كبيرة، وجوهر الأمر أنها أصبحت «كسولة». قد يصدق

هذا على النباتات التي تطورت طبيعيا، لكن من السـهل أن نتخيل أشجارا مهندسة لا تنشط فيها جينة أو جينات «الكسل». وإن مثل هذا التطور قد يكون اتجاها عكسيا للممارسات الزراعية التقليدية التي تم فيها استزراع النباتات لتكون ذات فاعلية نشطة تستخدم قليلا من الكربون قدر الإمكان. لكن مثل هذه النباتات الجائعة للكربون يمكن بسـهولة اسـتزراعها لتكون وسـيلة لسحب ثاني أكسـيد الكربون من الهواء. هذه الإمكانية ما هي إلا مثال واحد لنوع تأثير الهندسة الوراثية في مستقبلنا.

ولنتأمل هذه الطريقة. منذ عشـرة آلاف سـنة، قرر أسـلافنا ألا يقنعـوا بما تجود بـه الطبيعة بحرية كطعام لهم. ومن ثم شـرعوا في ممارسـة الزراعة ليحرروا أنفسـهم من مشـقة القنص وجمع الثمار. ونحن اليوم، وبطريقة مماثلة، نقترب من النقطة التي لن نقنع فيها بما تجود به الطبيعة علينـا بالمادة الوراثية، إذ أصبح في مقدورنا تعديلها لكي تناسب احتياجاتنا.

وطبيعي أن هذا الأسـلوب فـي التفكير يثير قضايـا أخلاقية ودينية وشـرعية هائلة، مـا يجعله موضوعـا مثاليا لكي ننتقل فـي اتجاه ختام المعارف الأولية العلمية.

الحياة تطورت عن طريق الانتخاب الطبيعي

هـذه واحدة من الأفكار التي تؤلف فرعا كاملا للعلم وتجمع في وحدة واحـدة مفاهيم متباينة. ومـن الأهمية بمكان أن نفهـم أن هناك واقعيا خطوتين في العملية التطورية، وأن النظرية الداروينية الكلاسـيكية تعالج واحدة منهما فقط.

الخطوتان همـا: (1) التطور الكيميائي (حيث المواد غير العضوية في الزمـن الأول لـلأرض أدت إلى ظهور الخلية الحيـة الأولى)؛ (2) التطور عن طريق الانتخاب الطبيعي (حيث أنتجت هذه الخلية وسلالاتها ملايين الأنـواع التي نراهـا حولنا). إن آخر هذين المجالين هما موضوع دراسـة مجـال علمي كامل النضـج، وله نظرياته التي تدعمهـا معلومات ضخمة من الحفريات ومن غيرهـا. لكن الأول لايزال مجالا جديدا حظي بتمويل

جاد للبحث العلمي خلال العقد الأخير فقط، أو حول ذلك التاريخ تقريبا. وأعتقد أيضا أنه واحد من أكثر ميادين البحث أهمية وإلحاحا الآن قياسا إلى جميع أفرع العلوم.

دارت سجالات كثيرة بسبب نظرية التطور. فنجد على سبيل المثال الصراع الواضح في صورة معارك قانونية تقليدية امتد إلى مقررات التدريس في المدارس. ونرى أيضا على المستوى العلماني كيف أن العلماء شرعوا في تفسير السلوك البشري الحديث في ضوء ماضينا التطوري. وأدى هذا إلى ظهور مجالات بحث جديدة من مثل علم النفس التطوري، بل والاستشارات الخاصة بالزواج من منظور تطوري. وأرى أن بعضا من هذه الصيغ ذات الشعبية المعبرة عن هذا الاتجاه إنما تمثل نوعا من ممارسة بناء قصص على طريقة «مجاراة التيار». بيد أنني أعتقد أنها في جوهرها تقودنا إلى رؤية جديدة لمعنى أن يكون المرء إنسانا.

الأفضل عدو الجيد

أود أن أؤكد أن من اكتسبوا معرفة بهذه الأفكار الكبرى قد تزودوا بالفعل، وعلى نحو محدد، بنوع الأساس التعليمي الذي ناقشته في مستهل هذا الفصل، ومن نعتبرهم، وفق التعريف المحدد، مثقفين علميا، أي توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية. ويملك هؤلاء بذلك الإطار الفكري الذي يسمح لهم بفهم العلم الأساسي الذي يشكل قاعدة لأي قضايا مثارة. لكن ليس معنى هذا أن ستكون لديهم القدرة على التفكير في هذه القضايا بالأسلوب النقدي والكمي نفسه الذي يفكر به العالم. وطبيعي أن يثير هذا سؤالا مهما: هل الأساس الذي وصفته بحالته هذه كافٍ حقيقة؟

يثار هذا السؤال على نحو شبه دائم عادة عندما يكون موضوع إصلاح المقرر التعليمي مطروحا للمناقشة على طاولة البحث، ويجري الحوار عادة في سياق المناهج مقابل المحتوى، والذي عرضنا معالمه في الفصل العاشر. ويبدو، كما هو واضح من النقاش، أن هناك انحيازا قويا خصوصا بين العلماء الأكاديميين، أن المهم حقيقة هو العلم في صورته الأكثر تقدما، وأن عرض أي شيء آخر، مهما كان قدره، هو أشبه بتقديمنا تعليما مخففا أو مائعا للطلاب. وشخصت هذا الموقف بصورة ساخرة متعمدة وقلت:

«هذه مدرسة فكرية تؤمن بأنه يتعين على كل امرئ أن يحصل على درجة الدكتوراه في كل شيء». والآن وقد عرضت لما أظنه الأساس السليم لتعليم العلم، أود العودة إلى هذه المسألة لحظة سريعة.

إن الهدف من تحويل كل مواطن إلى نسخة مصغرة لعالم ليس في ظني أمرا غير عملي تماما فقط، بل عديم الجدوى أيضا ولا معنى له. وكما قلت في الفصل الثالث إن أحد «الأسرار» الصغيرة البغيضة في المجتمع العلمي أن العلماء المشتغلين بالبحث العلمي غالبا ما يكونون هم أنفسهم أميين في مجالات علمية خارج نطاق تخصصهم المميز. لذلك فإن تدريب شخص ما على التفكير، مثل عالم فيزيائي، لا يفيد كثيرا حين يكون هذا الشخص مضطرا إلى معالجة قضية تتضمن البيولوجيا الجزيئية. ونقول هنا إنه في حدود ما يلزم للمشاركة في الحياة العامة فإن اتساع نطاق المعرفة ينتصر على العمق وحده.

علاوة على هذا، وكما أوضحت في الفصل الأخير، فإن طبيعة العلم ذاته في تغير مستمر، وقضايا المستقبل سوف تشتمل غالبا على أنواع من الممارسات الحاسوبية الكثيفة التي حددنا طرفا منها عند حديثنا عن الاحترار الكوكبي. إن عددا قليلا فقط من الأخصائيين هم من ستتوافر لديهم القدرة على الغوص في كل اتجاه داخل شفرات الحاسوب وعلى تحديد أمور مثل الدقة والصواب. معنى هذا أن البقية منا - ويتضمن هذا أغلبية العلماء - سيكون لهم دور مختلف جدا عن الدور الذي تصوره من يتوقعون من الناس أن يصوغوا آراءهم بشأن القضايا العلمية. وأعتقد أن الفكرة القائلة بأن من الضروري أن تكون لديهم القدرة على عمل ذلك إنما هي امتداد لفكرة جون ديوي عن عادة العقل العلمية التي نوقشت في الفصل الثامن، وهي غير ملائمة تماما للقرن الواحد والعشرين.

دور المعامل والاكتشافات

إن أحد مظاهر محاولة تحويل الطلاب إلى علماء تمثلها الفكرة القائلة بأن على الطلاب، بمعنى من المعاني، أن يحاكوا عملية الاكتشاف العلمي خلال تجربتهم التعليمية. وتسود هنا عناوين من مثل التعليم على أساس الاكتشاف، أو التعليم القائم على البحث والاستعلام. وتعتمد هذه الفلسفة بكل ثقلها على المعمل والعمل الميداني لإعداد الطلاب للعلم.

وليسمح لي القارئ قبل أن أستطرد بأن أقدم تعليقين: الأول، أدرك جيدا أن التعليم، شأنه شأن أي مجال آخر، يخضع للبدع والمستحدثات. إنني، وأنا طالب جامعي قبل التخرج، حسبت العمر النصفي للمستحدثات في مجالي الخاص بفيزياء الجسيمات ووجدت أنه نحو سنتين. إن من طبيعة المستحدثات أن تتولد عنها قوة ضاغطة ولكن مع مستويات عابرة من الحماس، ونادرا ما ينبني هذا الحماس على قاعدة من المعلومات السليمة. وأعتقد أن بمقدوري أن أتبنى عناصر معينة من النزوع إلى المستحدثات أو البدع تتجلى في حالة الإثارة الراهنة بشأن التعلم القائم على البحث والاستطلاع.

ثانيا، إنني مطمئن تماما للفكرة التي تفيد بأن هذا الطراز من التعليم جيد ومثمر ويتجاوب مع اهتمامات وفضول شباب الطلاب في فترة من أعمارهم. وأشك، على سبيل المثال، في أن هذا أسلوب جيد جدا لجعل طلاب المدارس الابتدائية والوسطى مهتمين بالعلم. لكن في المستوى الجامعي، الذي قضيت فيه أطول فترة من عمري، سيكون على الأرجح أشبه بعبارة لاإرادية أو مسلم بها من مثل قولنا «يجب على كل طالب أن يدرس فصلين دراسيين في علم معملي»، أينما نوقشت شروط الالتحاق في الميدان العلمي.

وإذا كان هدف التعليم الجامعي هو تخريج طلاب مثقفين علميا، فإنني أؤكد أن تجربة المعمل هي - واقعيا - شيء من الكماليات غير الضرورية وردَّة إلى عصر أسبق وأبسط. ويبدو لي أن الثقافة العلمية أو المعارف الأولية العلمية يمكن بسهولة شديدة تعلمها في صيغة قاعات المحاضرات من دون حاجة إلى الاستعانة بالمعامل على الإطلاق. بل أكاد أمضي إلى أبعد من ذلك، وأؤكد أن قاعات الدرس المعملية على مستوى الجامعة لم تفد كثيرا غير المشتغلين بالعلم، بل ربما أضرت. وأتمنى أن أجد من يثبت خطأ رأيي هذا. بيد أنني حينما أحفز الناس على تبرير شرط المعمل التقليدي في دراسة العلم فإن الإجابة المشتركة غالبا ما تكون على غرار «هكذا فعلنا» (إجابة أخرى شائعة تثير قدرا من الإحباط ولكن ربما تكون أكثر صدقا، وهي أن كل أقسام المعامل تلك تنتج طلابا خريجين بحاجة ماسة إلى دعم).

وأحسب أن شكي في موضوع المعامل بدأ وقتما كنت لا أزال شابا أعمل أستاذا مساعدا بجامعة فرجينيا. كنت أدرس مقررات دراسية للخريجين آنذاك، ولذلك لم يكن الطلاب ممن هم قبل سني التخرج يرونني. واعتدت بين الحين والآخر أن أذهب إلى قاعات المعامل حيث يظن الطلاب، إذا ما وقعت أبصارهم علي، أنني من المسؤولين عن الصيانة (إذ إنني لم أكن أرتدي معطفا ورابطة عنق في أثناء العمل شأن كثيرين من الفيزيائيين). إن ما وصل إلى سمعي عن غير قصد خلال هذه الزيارات المفاجئة أثار قلقا عميقا في نفسي. ذلك لأنني وجدت ثلث الطلاب بالتمام والكمال يسيرون في اتجاه عكسي في عملهم من الإجابات «الصحيحة» إلى المدخلات ليسجلوها في سجلات بياناتهم. معنى هذا أن ما كان يتعلمه هؤلاء الطلاب ليس هو المنهج العلمي، بل أكاد أقول «هو ضد العلم». ويذهب بي الظن إلى أن استجابتهم كانت استجابة رشيدة إزاء موقف يعرفون فيه أنهم سيحصلون على درجات التقدير على أساس هل النتائج تضاهي الإجابات «الصحيحة». ومع هذا أظن أن قدرا كبيرا من الشك يساورهم الآن، وقد أصبحوا كبارا، في كل ما يسمعونه من المجتمع العلمي. وهذا ليس حصادا طيبا.

وأدرك تماما أن من الممكن جدا ألا تكون جميع معامل الجامعات على هذا النحو في عملها (هذا على الرغم من أنني أتحدى كبار أعضاء هيئات التدريس، وعلى الأقل من لا يشعرون بالصدمة أن يفعلوا ما فعلته أنا في مؤسساتهم). بيد أنني أؤمن - على الرغم من ذلك - بأن ثمة عوامل خاصة بهيكل الجامعات مناهضة للمعامل - حتى تلك المعامل جيدة التصميم - التي تمثل إسهاما قيما لمصلحة الثقافة العلمية.

السبب الأول الذي يدعم هذا الرأي يتضمن مشكلة لوجستية خالصة، مشكلة إمدادات وتموين تتمثل في نقل مئات الطلاب إلى أقسام المعامل كل أسبوع. وهناك طريقتان لعمل ذلك: (1) أن تكون لدينا تجارب بسيطة زهيدة، أو (2) أن تعمل محاكاة حاسوبية للتجارب. وأعتقد أن أيا من الخيارين ليس مفيدا كثيرا.

كذلك فإن شرط الاحتفاظ بمعدات المعمل في حالة عمل طوال الدورة الدراسية من شأنه أن يفرض قيودا قاسية على أنواع التجارب التي يمكن إجراؤها. إذ القاعدة العامة أنه كلما كانت التجارب أكثر تعقدا وواقعية

أصبح من المرجح جدا أن تتعطل المعدات وتثير حالة من الإحباط لدى كل من الطلاب والمعلمين. إن السبيل الوحيد للالتفاف على هذا الوضع، من دون تحمل تكاليف وظيفية ثقيلة أن نستخدم التجارب التي تحتاج إلى تجهيزات بسيطة لبراهين سهلة. وهذا يعني بدوره أن تكون التجارب على شاكلة «دحرجة الكرة فوق سطح مائل». وسبق أن أكدت في فصل سابق أن هذا النوع من التجربة التعليمية لن يفيد شيئا في إعداد الطلاب لمعالجة مسائل عامة معقدة سيواجهونها في المستقبل.

والخيار الثاني - وهو إجراء التجارب على طريقة المحاكاة الحاسوبية - غير كاف أيضا على الأقل في صوره التي شاهدتها وعملت عليها. مثال ذلك أنه بدلا من تشريح الضفدع ينظر الطلاب إلى شاشة حاسوب. كذلك عليهم مراقبة كرة فوق شاشة وقراءة الأرقام المعروضة بدلا من أن يتصدوا هم لتحديد أوقات هبوط كرة ساقطة من أعلى.

وميزة هذه المحاكاة أنها لا تستلزم تجهيزات معقدة. لكن علينا أن نفكر ولو لحظة فيما يتعلمه الطالب. إنهم لا يتعلمون أن عالم الواقع موجود هناك في الخارج لكي يقيسوه ويلاحظوه، بل يظهر العالم بدلا من ذلك بطريقة سحرية على الشاشة، كأن الأمر أشبه بلعبة فيديو (فاترة). وخط الأساس هنا أن على الطالب أن يصدق ما يقوله الحاسوب. وأنا لا أستطيع أن أتخيل نوعا من المعارف الأساسية أسوأ من ذلك نعطيها للطلاب الذين سيضطرون مستقبلا إلى التعامل مع قضايا من مثل الحكم على مصداقية نماذج الحاسوب.

والخلاصة عندي هي أن المعامل البسيطة، بما في ذلك عمليات المحاكاة الحاسوبية، لا تعد الطلاب للعالم الذي سيواجهونه بعد ترك المدرسة. ومن ثم فإن المعامل الأكثر واقعية، وبالتالي الأكثر تعقيدا، لن تفيد على الأرجح في سياق المقررات الدراسية التمهيدية الكبرى للعلم. وأود أن أؤكد ختاما أن الوقت والمال اللذين نضيعهما من أجل تجهيز معامل غير ذات أهمية سيكون من الأفضل لنا أن ننفقهما لاكتشاف سبل أخرى لزيادة الثقافة العلمية لدى الطلاب، مثال ذلك عن طريق تدريب هيئات التدريس على تدريس مقررات متكاملة للثقافة العلمية ومعرفة الأوليات الأساسية للعلم.

الخطوة التالية

سبق أن ناقشت في الفصل السادس بيانات جون ميللر. ونحن في ضوء هذه البيانات نحرز تقدما من حيث إعطاء الطلاب الأساس القاعدي للمعارف الأولية العلمية التي سيحتاجون إليها لتأدية دورهم بصفتهم مواطنين. ونجد اليوم قرابة 28 في المائة من الأمريكيين اكتسبوا المعايير (الأساسية) للمعارف الأولية العلمية.

وهذه إحصائية مشجعة وتستحثنا على التحدي. إنها مشجعة لأن أعدادا متزايدة باطراد من الأمريكيين يكتسبون الحد الأدنى من أساسيات المعرفة بالعلم. وتستحثنا للتحدي، لأن هذا يعني أنه لايزال هناك عدد كبير من السكان مهيأ لاتخاذ الخطوة التالية، ولكي يتجاوز المعارف الأولية العلمية البسيطة، أي عمليا للشروع في بناء البنية الفوقية للبيت فوق الأساس الذي وُضعت قواعده. وهذا بدوره يقودنا إلى سؤال مثير للفضول: ماذا عساها أن تكون تلك الخطوة الثانية؟

قبل أن أتحول إلى هذا السؤال يتعين تأكيد أن حقيقة أن نحو ربع الأمريكيين يمكن وصفهم بأنهم مثقفون علميا إذ توافرت لديهم المعارف الأولية العلمية، بل تعني أن ثلاثة أرباعهم لم يحققوا ذلك حتى الآن. ونحن لا يمكن أن ننسى ضرورة أن يظل تأكيدنا الرئيسي بشأن إصلاح التعليم منصبا في الأساس على المعارف الأساسية العلمية. وهذه نقطة مهمة لأن هناك دائمة غواية قوية تغوي المعلمين لتركيز انتباههم على أفضل طلابهم، وهم في هذه الحالة من تهيأوا للخطوة الثانية، ويغفلون أنهم خلفوا وراءهم الأغلبية العظمى منهم. ومن ثم تتعين مقاومة هذه الغواية.

ويجب علينا أيضا أن نمسك بزمام حماستنا ونحن نعالج هذه المسألة. مثال ذلك أن معرفة المرء للفارق بين الذرة والجزيء لا تعني أنه مهيأ لقراءة «العلم» أو «الطبيعة» (أو للسبب نفسه أن يقرأ مجلة ساينتفيك أمريكان). أو لنقل بعبارة أخرى: إن الالتزام بمعايير جون ميللر بشأن المعارف العلمية الأولية ليس من شأنه أن يحول الشخص تلقائيا إلى مرشح لشغل منصب في مجال العلم ولا حتى إلى شخص توافرت لديه عادة العقل العلمية. ويجب علينا أن نقر بالحقيقة التالية، وهي أننا لا نستطيع أن نحول كل إنسان عالما، وأن أي محاولة لذلك مآلها الإخفاق يقينا.

لذلك نسأل: ما الهدف الواقعي للخطوة الثانية؟ ربما نستطيع أن نقدم إلماعة لما يمكن أن يكون عن طريق التفكير في فريقين اعتادا معالجة قضايا معقدة في مجال العلم: العلماء أنفسهم وأعضاء المهن القانونية. وكما أوضحت في الفصل الثالث إن تدريب المشتغلين بالعلم ليس فيه أي شيء يعدهم لمعالجة قضايا خارج مجال تخصصهم. إذن كيف يتسنى لهم تكوين آراء لهم عن قضايا خارج نطاق خبرتهم؟

عندما ناقشت هذه المسألة مع جون ميللر كان له تعليق مهم. إذ قال: «أنت أو أنا حين نريد أن نعرف شيئا عن مسألة ما نرجع إلى قائمة الشخصيات المرجعية لكي نتحدث ونسأل شخصا ما متخصصا في المجال. ولكن المشكلة أن الشخص المتوسط ليست لديه مثل هذه القوائم المرجعية» (*). وأنا أسمي هذه نظرية رولودوكس الذهبية لاكتساب المعلومات.

وبعد حديثي هذا مع ميللر شرعت في عمل استطلاع غير رسمي بين زملائي حيثما ذهبت في مختلف أنحاء البلاد. حاولت أن أسألهم كيف اتخذوا قراراتهم بشأن قضايا خارج مجالات تخصصهم. وتماما مثلما تنبأ ميللر تضمنت إجاباتهم كلها تقريبا الإشارة إلى «غولدن رولودكس»، أي قائمة الأسماء المرجعية. وأذكر أمثلة من إجاباتهم إذ جاءت على النحو التالي: «أهاتف صديقا في التخصص المطلوب»، و«ألتزم بتوافق الآراء»، و«أهاتف شخصا (يقصد من أنصار الفكرة موضوع السجال) من الجامعة أستطلع رأيه... وهكذا إلى آخره». ويمكن الرجوع إلى قائمة الأسماء المرجعية (غولدن رولودكس) في حالات النزاع بين الخبراء للوصول إلى حكم بشأن موضوع الخلاف وبيان أيها أرجح صوابا وأيها ينبغي إغفاله.

وأكاد أرى قائمة الأسماء المرجعية (الغولدن رولودكس) تعمل نشطة في حياتي. إذ عندما تعرض لي مسألة تتعلق بمشكلة ما (وليكن الاحترار الكوكبي، فهو مثال جيد) فلا أحاول الجلوس إلى الحاسوب وأسجل شفرة حاسوبية لعمل نموذج محاكاة لمستقبل مناخ الأرض. ليس عندي لا الوقت ولا الخبرة لعمل شيء كهذا، بل بدلا من ذلك أهاتف أصدقائي في الجامعات

(*) القائمة المرجعية Golden Rolodex: تضم أسماء الشخصيات المرجعية في قضايا كثيرة، وقد حلت محلها الآن شبكات الإنترنت وغوغل وغيرهما. [المترجم].

المختلفة داخل البلد. وأستمر في هذا النقاش الشخصي مع الخبراء إحساسا وفهما لما هو معروف عن المسألة التي أبحث فيها، أو أعرف نقاط الخلاف وكيف يمكن حسمها. ويبدو لي أن عملية الاستطلاع غير الرسمية التي قمت بها تشير إلى أن الأغلبية العظمى من العلماء الآخرين يكونون آراءهم بالأسلوب نفسه عن طريق المناقشة مع الزملاء ممن هم على دراية أكثر في مجال بعينه وخاص بالمسألة موضوع البحث. وأعتقد في النهاية أن أغلبنا يأخذ قراره تأسيسا على ما يقوله أصدقاؤنا ممن نثق بهم كثيرا.

وهذا ليس بالأسلوب السيئ. وواقع الأمر أن القوانين تعمل على هذا النحو في الغالب الأعم حتى إن كانت تعمل وفقا لمجموعة من القوانين يغلب عليها الطابع الشكلي. إذ كثيرا ما يحدث أن تتوقف خلافات قانونية، ولو في جزء منها، على مسائل علمية: هل هذه المادة الكيميائية تسبب ذلك المرض المزعوم؟ هل هذا المنتج معيب؟ ويوجد بوضوح في مثل هذه الحالات إجراء محدد بالشروع لمعرفة رأي ومعلومات الخبراء أمام المحكمة. ويعمد المحامون المسؤولون عن القضية إلى استدعاء شهود يمكنهم - بحكم ما لديهم من علم أو تدريب - الإدلاء بالرأي باعتبارهم ذوي أهلية، أي خبراء. وبعد أن يتم هذا كله توجد سوابق مستقرة يعتمد عليها القاضي لفحص الشهادة ويقرر بعدها تقديم القضية إلى المحلفين أو لا. وغالبا ما يأتي هذا الحكم نتيجة لإجراءات دعوى قانونية معقدة. وبعد الانتهاء من هذا الفحص والتدقيق يجري عرض شهادة الخبير على المحلفين.

وسبق وضع هذه المعايير التي استندت إليها هذه الأحكام للمحاكم الفدرالية لأول مرة في العام 1993 في قضية روبرت ضد ميريل داو للمستحضرات الصيدلانية. وكتب القاضي بلاكمون إلى المحكمة العليا مقررا أنه من الآن فصاعدا ستكون مسؤولية القاضي هي الاطمئنان إلى أن الشهادة المقدمة إلى المحكمة «ليست فقط وثيقة الصلة، بل موثوق بها»[1]. وحدد بعد ذلك سلسلة من المعايير بشأن إصدار مثل هذا الحكم. هل استعرض العمل المعروض في الشهادة ورُجع؟ هل هو مقبول بعامة في المجتمع العلمي؟ هل يمكن اختبار الدعاوي؟ ويبدو واضحا هنا أن هذه المعايير (علاوة على أخرى تتناول مسائل فنية أكثر) تكاد تضاهي تماما ما يفكر فيه العلماء عند تقييم نظرية أو فكرة جديدة.

ومن الأهمية بمكان أن ندرك أن هذا هو الشائع بالنسبة إلى شهادة الخبراء من الطرفين في محاكمة لتمرير هذه الاختبارات وعرضها على هيئة المحلفين. والشيء المرجح جدا في هذه القضية هو أن هيئة المحلفين سوف تستمع لخبراء ذوي أهلية يدلون بشهاداتهم إزاء «حقائق» معارضة تماما. وهكذا يكون على هيئة المحلفين أن تقرر أي خبير تصدقه. وغالبا ما تتضمن هذه الإجراءات معايير غير علمية من مثل تحديد أي الشهادات تبدو أكثر قابلية للتصديق. أو بعبارة أخرى أن هيئة المحلفين تكون في الوضع نفسه للمواطن المتوسط حين يقرأ عن دعاوى النزاع العلمية في الصحف. ونكون إزاء ما يبدو أنهم خبراء على قدر متساو من الأهلية يناقضون بعضهم بعضا، ومن ثم يكون الأمر مناطا بالقارئ غير الخبير أن يقرر أيهم يصدق شهادته.

وهنا بعض النتائج العامة التي يمكن أن نستخلصها بشأن أسلوب المجتمعات العلمية والقضائية في تناول القضايا ذات المصداقية العلمية:

1 - الخبراء من أبناء مجال واحد يحتاجون عادة إلى الاعتماد على خبراء في مجالات أخرى.

2 - جميع الخبراء ليسوا بطبيعتهم سواء، وفي حالات النزاع بين الخبراء فإن واحدا منهم على الأقل خطأ.

3 - عملية تقرير أي من الخبراء أصدقه أنا ربما لا تكون عملية عقلانية تماما.

ويبدو لي أن الهدف الصحيح من الخطوة الثانية في مجال التعليم العام للعلم ينبغي ألا يكون تحويل جميع المواطنين إلى نسخ مصغرة من العلماء ذوي القدرة على تحليل البيانات وتكوين آراء خاصة بشأن القضايا المهمة. ذلك لأن مثل هذا الهدف يتجاوز في الحقيقة نطاق قدرة العلماء أنفسهم. بل بدلا من ذلك ينبغي أن يكون الهدف: (1) توفير التدريب اللازم للتمكن من فحص الدعاوي غير القابلة للتصديق، و(2) تزويد المرء بخلفية من المعلومات الأساسية الكافية لاتخاذ قرار مثل القرار بشأن أي الخبراء أثق به.

بعد أن فرغنا من كل هذا علينا أن نقر بأن هذه العملية، مع معرفتنا بالناس وهم على حالهم، لن تفي أبدا باختبارات صارمة للعقلانية والرشاد. إذ سنجد حتما بعضا من الناس يؤمنون بخبير بعينه ربما لأنه يرتدي رباط

عنق أنيقا، أو لأن الخبيرة ذات ابتسامة أرستقراطية. إن البشر، سواء الآن أو مستقبلا، لن يكونوا جميعا عقلانيين، فهذه حقيقة مقررة منذ زمن طويل في المنظومة القضائية. ومن ثم فإن أفضل شيء نعمله هو تزويد المواطنين بالأدوات اللازمة التي يحتاجون إليها لإصدار الحكم بشأن مسائل معقدة، ثم نبعد نحن عن طريقهم ونتركهم يختارون.

ولكن بعض زملائي ينظرون بعدم ارتياح شديد إلى هذه الفكرة. إذ يقولون «إذا كان هؤلاء الناس يعرفون ما أعرفه، فإنهم سيصلون إلى النتائج ذاتها التي وصلت أنت إليها». وأخشى أن أقول: «إن الأمور لا تسير على هذا النحو». توضح خبرتي مثلا أن أغلبية من يعارضون استخدام الخلايا الجذعية الجنينية يعرفون تمام المعرفة ما معنى خلية جذعية، لكنهم وصلوا إلى نتيجة مخالفة ومختلفة عن أغلبية العلماء في الموضوع نفسه (بما في ذلك المؤلف). وختاما أقول إذا أردت الحياة في ظل الديموقراطية فعليك قبول حقيقة واقعة، وهي أنك في وقت ما ستُمنى بالهزيمة حين تصوِّت الأغلبية ضدك من دون اعتبار لِكَمّ التعليم الذي حصَّلته.

كلمة أخيرة

حاولت طوال صفحات الكتاب أن أؤكد أهمية خلق مواطن على حظ من المعارف الأولية العلمية. وسواء، عزيزي القارئ، رأيت أن نهجي الذي عرضته آنفا هو النهج الصحيح الأولى بالاتباع أو لا، فإن الشيء الذي لا خلاف عليه هو أنه قد أزف الوقت، ما يوجب علينا العمل من أجل هذه المسألة. وختاما أحسب أن كارل ساغان عبر عن هذا على نحو أفضل في الاقتباس الذي ختمنا به الفصل الثالث:

خططنا لحضارة كوكبية تعتمد أكثر عناصرها حسما على العلم والتكنولوجيا. وخططنا كذلك لأمور بحيث لا أحد يفهم العلم والتكنولوجيا. وهذه وصفة لكارثة.



الهوامش

الفصل الأول

(1) الاقتباس من:

J. Trefil, Reading the Mind of God (New York: Charles Scribners & Sons, 1989), p. 18.

(2) K. Boulding, The Image: Knowledge in Life and Society (Ann Arbor: University of Michigan Press, 1956).

(3) حكم جون إي - جونز في قضية كيتزميللر ضد مجلس مدارس منطقة دوفر (20 ديسمبر 2005) متاح في الموقع التالي:

http://www.pamd.uscourts.gov/ kitzmiller/kitzmiller_342 .pdf.

الفصل الثالث

(1) C. Sagan, The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark (New York: Random House, 1995).

الفصل الرابع

(1) C. P. Snow, Two Cultures and the Scientific Revolution (Cambridge: Cambridge University Press, 1959).

(2) ف. ر. ليفز، الاقتباس من:

D. P. Barash, "C. P. Snow: Bridging the Two-Cultures Divide", The Chronicle of Higher Education, 52 (2005), B10-11.

(3) س. جونسون، الاقتباس من:

J. Boswell, Life of Samuel Johnson (Book 3).

الفصل الخامس

(1) T. Burnet, The Sacred Theory of the Earth, in Which Are Set Forth the Wisdom of God Displayed in the Works of the Creation, Salvation, and Consummation of All Things ...(London: T. Kinnersley, 1816).

(2) أ. إدينغتون، الاقتباس من:

A. V. Douglass, The Life of Arthur Stanley Eddington (London: Nelson, 1956),

وعلى الموقع:

http://www.groups.dcs. stand. ac .uk/~history/Biographies/Eddington.html.

(3) W. Wordsworth. "The Tables Turned: An Evening Scene On The Same Subject", The Complete Poetical Works (London: Macmillan, 1888; Bartieby. com, 1999).

متاح على موقع:

http://www.bartleby.com/145/ww137.html.

(4) W. Whitman, "When I Heard the Learn'd Astronomer", in Leaves of Graff (Philadelphia: David McKay, 1900; Bartleby.com, 1999).

متاح على موقع:

http://www.bartleby.com/142/180.html.

(5) W. Blake, "Milton," in D. H. S. Nicholson and A. H. E. Lee, (Eds.), The Oxford Book of English Mystical Verse (Oxford: Clarendon Press, 1917; Bartieby. com, 2000).

على موقع:

http://www.bartleby.com/236162.html.

(6) W Gilbert and A. Sullivan, "If You're Anxious to Shine", from Patience (New York: G. Shirmer, n.d.; original published in 1881).

(7) للحصول على تفسير مع صورة لهذا الرسم، انظر موقع نيودول:
http://www.brushwithscience.com/Spring2003/ LifeForms2003.html.

الفصل السادس

(1) J. Miller."The measurement of civic scientific literacy", in Public Understanding of Science, 7, 203-223; and "Civic scientific literacy across the life cycle".

ورقة بحث مقدمة إلى الاجتماع السنوي للرابطة الأمريكية لتقدم العلم، سان فرنسيسكو، 2007.

(2) J. Miller, "Public understanding of science: Are Europeans better at it?".

ورقـة بحث مقدمة إلى الاجتماع السـنوي للرابطـة الأمريكية لتقدم العلم، سان فرنسيسكو، 2007.

الفصل السابع

(1) B. Franklin [R. Saunders, pseudo.], "How to secure Houses, &c. from Lightning", in Poor Richard Improved: Being an Almanack and

Ephemeris... for the Tear of our Lord 1753 (Philadelphia: B. Franklin and D. Hall, 1753).

متاح على موقع:

http://www.franklinpapers.org/franklin/fromedvolumes.jsp?vol=4&page=403a

الفصل الثامن

(1) H. Spencer, "What Knowledge Is of Most Worth", in Essays on Education, etc. (London: J. M. Dent and Sons, 1911).

(2) T. Huxley, "Science and Culture", in Science and Education (New York: P. F. Collier and Son, 1964/1880).

(3) A. de Tocqueville, Democracy in America (New York: Vintage Books, 1961/1835).

(4) D. C. Gilman, A Brief History of Jhu [Johns Hopkins University] (1876).

(5) المصدر نفسه.

(6) J. Dewey, "Symposium on the purpose and organization of physics teaching in secondary schools (part 13)", in School Science and Mathematics, 9 (1909), 291-292.

(7) المصدر نفسه.

(8) I. C. Davis, "The measurement of scientific attitudes", in Science Education, 79 (1935), 117-122.

(9) L. Hill, Hearings before the Committee on Labor and Public Welfare, United States Senate: Science and Education for National Defense (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1958).

(10) M. H. Shamos, The Myth of Scientific Literacy (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 1995).

(11) J. Zacharias, quoted in J.L. Rudolph, "PSSC in Historical Context: Science, National Security, and American Culture During the Cold War".

متاح على موقع:

http://www.compadre.org/portal/pssc/docs/Rudolph.pdf.

(12) G. Seaborg, quoted in Koret Task Force on K-12 Education, Our Schools and Our Future.. Are We Still at Risk? (Stanford, CA: Hoover Institution Press, 2003).

متاح على موقع:

http://media.hoover.org/ documents/0817939210_3 .pdf

الفصل التاسع

(1) S. Rimer, "Harvard Task Force Calls for New Focus on Teaching and Not Just Research", New York Times, May 10, 2007.

الفصل العاشر

(1) P. Medawar, Pluto's Republic (New York: Oxford University Press, 1982).

(2) R. March, Physics for Poets (New York: McGraw-Hill, 1996).

الفصل الحادي عشر

(1) اتصال شخصي مع جون سيرل.

الفصل الثاني عشر

(1) H. Blackmun, in Daubertv. Merrell Dow Pharmaceuticals, Inc., 509 U.S. 579 (1993), Section II B.

متاح على الموقع:

http://caselaw.lp.findlaw.com/scripts/getcase.pl?court=us&vol=509&invol=579.



المؤلف في سطور

جيمس تريفيل

* أستاذ الفيزياء بجامعة جورج ماسون.
* تلقى تعليمه في جامعة إيلينوي.
* حاز منحة باحث مارشال للدراسة في جامعة أكسفورد بعد تخرجه في جامعة ستانفورد.
* ألف وشارك في تأليف نحو 40 كتابا.

من مؤلفاته: «قاموس المعارف الأولية الثقافية»، و«1001 شيء يحتاج كل امرئ إلى معرفتها عن العلم»، و«طبيعة العلم: المرشد من الألف إلى الياء»، و«هل نحن بلا نظير»، و«عالم يستكشف العقل البشري».

* شغل منصب المستشار العلمي في كثير من المؤسسات الإعلامية.
* معني بتبسيط العلم وجعله عنصرا أساسيا في الثقافة العامة كشرط للأداء الديموقراطي الصحيح.
* يعيش الآن في فرجينيا.

المترجم في سطور

شوقي جلال

* من مواليد 30 أكتوبر 1931 - القاهرة.
* عضو المجلس الأعلى للثقافة في القاهرة - لجنة الترجمة، منذ 1989م.
* عضو المجلس الأعلى للمعهد العالي العربي للترجمة، جامعة الدول العربية، الجزائر.

* عضو المجلس الأعلى للثقافة في القاهرة - لجنة قاموس علم النفس في السبعينيات.
* حاصل على جائزة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي - فرع الترجمة 1985م.
* لـه ثلاثة عشـر مؤلفا، من بينها : أركيولوجيا العقـل العربي، التراث والتاريخ، الفكر العربي وسوسيولوجيا الفشل، المجتمع المدني وثقافة الإصـلاح: رؤية نقديـة للفكر العربي، الترجمة فـي العالم العربي: الواقع والتحدي.
* لـه أوراق بحـث في نـدوات ومؤتمرات ومقالات ثقافيـة فكرية في الصحف والمجلات العربية.
* له أكثر من 50 كتابا مترجما منها: المسـيح يصلب من جديد (رواية، نيكوس كازانتزاكس)، الثقافات وقيم التقدم (مجموعة من العلماء)، فكرة الثقافة (تأليف تيري إيغلتون).
* ترجم لسلسـلة «عالم المعرفة» عددا من الكتب منها: أفريقيا في عصر التحول الاجتماعي، بنية الثورات العلمية، تشكيل العقل الحديث، لماذا ينفرد الإنسـان بالثقافة؟، بعيدا عن اليسـار واليمين، التنمية حرية، جغرافية الفكر، الثقافة والمعرفة البشرية، والتنوير الآتي من الشرق.
* راجع ترجمة عدد من كتب السلسلة أيضا.



سلسلة عالم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - دولة الكويت - وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير العام 1978.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة:

1 - الدراسات الإنسانية: تاريخ. فلسفة - أدب الرحلات - الدراسات الحضارية - تاريخ الأفكار.

2 - العلوم الاجتماعية: اجتماع - اقتصاد - سياسة - علم نفس - جغرافيا - تخطيط - دراسات استراتيجية - مستقبليات.

3 - الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي - الآداب العالمية - علم اللغة.

4 - الدراسات الفنية: علم الجمال وفلسفة الفن - المسرح - الموسيقى - الفنون التشكيلية والفنون الشعبية.

5 - الدراسات العلمية: تاريخ العلم وفلسفته، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) . الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم)، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة إلى نشر الأعمال الإبداعية. المترجمة أو المؤلفة. من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

وتحرص سلسلة «عالم المعرفة» على أن تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على ألا يزيد حجمها على 350 صفحة من القطع المتوسط، وأن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته

هذا الكتاب

نحو مواطنين مثقفين علميا...

يُعنى هذا الكتاب بتعليم العلم لغير المشتغلين بالعلم، ويهدف إلى تحسين الرصيد القومي من المواطنين ذوي الكفاءة والأهلية لممارسة الديموقراطية، ومناقشة القضايا القومية، تأسيسا على فهم علمي للقضايا والعالم من حولنا. فالديموقراطية لا تستقيم في مجتمع تسوده أمية علمية، بينما نواجه قضايا قومية وعالمية تكتسب - أكثر فأكثر - أبعادا علمية وتقنية. والسؤال هو: كيف نخلق مواطنين قادرين على ممارسة حقهم الديموقراطي بكفاءة، والمشاركة الإيجابية الواعية بفضل الثقافة العلمية؟

يناقش هذا الكتاب طبيعة العلم: ما هي؟ ما الثقافة العلمية؟ ما الثقافة التي ليست علما؟ كيف نمحو الأمية الثقافية العلمية؟ العلم بوصفه أحد المكونات الأساسية للثقافة، وكيف أن الفهم العلمي للإنسان والطبيعة والعالم والكون من حولنا يعد إضافة جوهرية إلى استمتاعنا الجمالي بالحياة وبالعالم الذي نعيش فيه.

كما يتناولُ الكتاب العلاقة بين العلم والتكنولوجيا، تاريخ تعليم العلم، لماذا تخلف تعليم العلم في أمريكا (وليس العالم العربي)؟ تعليم العلم والأمن القومي، الحاسوب (الكمبيوتر) والتغير الجذري في منهج ممارسة العلم.

وأخيرا يقدم الكتاب مخططا عاما لتعلم الثقافة العلمية تأسيسا على عدد من الأفكار الكبرى التي تمثل الهيكل العام للنظرة العلمية إلى العالم في وحدة متكاملة، وتشكل أساسا فكريا للتعليم العام في مجال العلم.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 301 - 9

رقم الإيداع (2010/019)